

**livros-gratis-o-
futuro-da-
mente-michio-
kaku \ (**

Michio Kaku

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

**livros-gratis-o-
futuro-da-
mente-michio-
kaku \ (**

Michio Kaku

A busca científica para entender,
aprimorar e potencializar a mente

MICHIO KAKU



O FUTURO DA MENTE

ROCCO LEMMA

 leLivros

DADOS DE COPYRIG HT

Sobre a obra:

A presente obra é disponibilizada pela equipe [Le Livros](#) e seus diversos parceiros, com o objetivo de oferecer conteúdo para uso parcial em pesquisas e estudos acadêmicos, bem como o simples teste da qualidade da obra, com o fim exclusivo de compra futura.

É expressamente proibida e totalmente repudiável a venda, aluguel, ou quaisquer uso comercial do presente conteúdo

Sobre nós:

O [Le Livros](#) e seus parceiros disponibilizam conteúdo de domínio público e propriedade intelectual de forma totalmente gratuita, por acreditar que o conhecimento e a educação devem ser acessíveis e livres a toda e qualquer pessoa. Você pode encontrar mais obras em nosso site: [LeLivros.site](#) ou em qualquer um dos sites parceiros apresentados [neste link](#).

"Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando

por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo

nível."

ROCCOITAL

MICHIO KAKU

O FUTURO

DA MENTE

A BUSCA CIENTÍFICA PARA ENTENDER,

APRIMORAR E POTENCIALIZAR A MENTE

Tradução de Angela Lobo

Este livro é dedicado à minha amada mulher, Shizue, e às minhas filhas, Michelle e Alyson

SUMÁRIO

Para pular o Sumário, clique [aqui](#).

AGRADECIMENTOS

INTRODUÇÃO

LIVRO I - A MENTE E A CONSCIÊNCIA

1 | Desvendando a mente

2 | Consciência – O ponto de vista de um físico

LIVRO II - A MENTE ACIMA DA MATÉRIA

3 | Telepatia – Um doce pelo que você está pensando

4 | Telecinesia – A mente controlando a matéria

5 | Memórias e pensamentos feitos sob medida

6 | O cérebro de Einstein e a expansão de nossa inteligência

LIVRO III - ALTERAÇÕES DE CONSCIÊNCIA

7 | Em seus sonhos

8 | A mente pode ser controlada?

9 | Estados alterados de consciência

10 | A mente artificial e a consciência de silício

11 | A engenharia reversa do cérebro

12 | O futuro: a mente além da matéria

13 | A mente com a energia pura

14 | A mente alienígena

15 | Observações finais

APÊNDICE

NOTAS

LEITURA SUGERIDA

CRÉDITOS DAS ILUSTRAÇÕES

CRÉDITOS

O AUTOR

AGRADECIMENTOS

Foi um imenso prazer fazer entrevistas e interagir com esses notáveis cientistas, todos líderes em seus campos de pesquisa. Gostaria de agradecer-lhes a gentileza de terem me cedido seu tempo para entrevistas e discussões sobre o futuro da ciência. Além de contribuírem com sólidos fundamentos de suas respectivas áreas, deram-me orientações e inspiração.

Gostaria de agradecer a esses pioneiros e desbravadores, particularmente aqueles que concordaram em participar de meus programas especiais para os canais de televisão BBC, Discovery e Discovery Science, bem como o de meus programas de rádio, *Science Fantastic* e *Explorations*.

Peter Doherty, ganhador do Prêmio Nobel, St. Jude Children's Research

Hospital

Gerald Edelman, ganhador do Prêmio Nobel, Scripps Research Institute

Leon Lederman, ganhador do Prêmio Nobel, Illinois Institute of Technology Murray Gell-Mann, ganhador do Prêmio Nobel, Santa Fe Institute e Cal

Tech

Henry Kendall, ganhador do Prêmio Nobel, MIT, *in memoriam*

Walter Gilbert, ganhador do Prêmio Nobel, Universidade de Harvard

David Gross, ganhador do Prêmio Nobel, Kavli Institute for
Theoretical Physics

Joseph Rotblat, ganhador do Prêmio Nobel, St. Bartholomew's
Hospital

Yoichiro Nambu, ganhador do Prêmio Nobel, Universidade de
Chicago

Steven Weinberg, ganhador do Prêmio Nobel, Universidade do Texas
em

Austin

Frank Wilczek, ganhador do Prêmio Nobel, MIT

Amir Aczel, autor de *Uranium Wars*

Buzz Aldrin, astronauta da Nasa, segundo homem a andar na Lua

Geoff Andersen, U.S. Air Force Academy, autor de *The Telescope*

Jay Barbree, autor de *Moon Shot*

John Barrow, físico, Universidade de Cambridge, autor de
Impossibility Marcia Bartusiak, autora de *Einstein's Unfinished Symphony*

Jim Bell, astrônomo na Cornell University

Jeffrey Bennet, autor de *Beyond UFOs*

Bob Bernstein, astrônomo, author *The Secrets of the Night Sky*

Leslie Biesecker, National Institutes of Health

Piers Bizony, autor de *How to Build Your Own Starship*

Michael Blaese, National Institutes of Health

Alex Boese, fundador do Museum of Hoaxes

Nick Bostrom, transumanista, Universidade de Oxford

Tenente-Coronel Robert Bowman, Institute for Space and Security
Studies Cynthia Breazeal, inteligência artificial, Laboratório de Mídia
do MIT

Lawrence Brody, National Institutes of Health

Rodney Brooks, diretor do Laboratório de IA do MIT

Lester Brown, Earth Policy Institute

Michael Brown, astrônomo, Cal Tech

James Canton, autor de *The Extreme Future*

Arthur Caplan, diretor do Center for Bioethics da Universidade da Pensilvânia

Fritjof Capra, autor de *The Science of Leonardo*

Sean Carroll, cosmólogo, Cal Tech

Andrew Chaikin, autor de *A Man on the Moon*

Leroy Chiao, astronauta da Nasa

Eric Chivian, da organização International Physicians for the Prevention of Nuclear War

Deepak Chopra, autor de *Supercérebro*

George Church, diretor do Harvard's Center for Computational Genetics

Thomas Cochran, físico, Natural Resources Defense Council

Christopher Cokinos, astrônomo, autor de *Fallen Sky*

Francis Collins, National Institutes of Health

Vicki Colvin, nanotecnóloga, Universidade do Texas

Neal Collins, autor de *Hazards of Space Travel*

Steve Cook, porta-voz da Nasa

Christine Cosgrove, autora de *Normal at Any Cost*

Steve Cousins, CEO do Willow Garage Personal Robots Program

Phillip Coyne, ex-subsecretário de Defesa dos EUA

Daniel Crevier, AI, CEO da Coreco

Ken Croswell, astrônomo, autor de *Magnificent Universe*

Steven Cummer, ciência da computação, Duke University

Mark Cutkowsky, engenheiro mecânico, Universidade de Stanford

Paul Davies, físico, autor de *Superforce*

Daniel Dennet, filósofo, Tufts University

Michael Dertouzos, ciência da computação, MIT, *in memoriam*

Jared Diamond, ganhador do Prêmio Pulitzer, UCLA

Marriot DiChristina, revista *Scientific American*

Peter Dilworth, Laboratório de IA do MIT

John Donoghue, criador do Braingate, Universidade de Brown

Ann Druyan, viúva de Carl Sagan, Cosmos Studios

Freeman Dyson, Institute for Advanced Study, Universidade de Princeton
David Eagleman, neurocientista, Baylor College of Medicine

John Ellis, físico do CERN [Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear]

Paul Erlich, ambientalista, Universidade de Stanford

Daniel Fairbanks, autor de *Relics of Eden*

Timothy Ferris, Universidade da Califórnia, autor de *Coming of Age in the Milky Way Galaxy*

Maria Finitzo, especialista em células-tronco, vencedora do Peabody Award
Robert Finkelstein, especialista em IA

Christopher Flavin, World Watch Institute

Louis Friedman, cofundador da Planetary Society

Jack Gallant, neurocientista, Universidade da Califórnia em Berkeley

James Garwin, cientista-chefe da Nasa

Evelyn Gates, autora de *Einstein's Telescope*

Michael Gazzaniga, neurologista, Universidade da Califórnia em Santa Barbara

Jack Geiger, cofundador, Physicians for Social Responsibility

David Gelertner, cientista da computação, Universidade de Yale, Universidade da Califórnia

Neal Gershenfeld, Laboratório de Mídia do MIT

Daniel Gilbert, psicólogo, Universidade de Harvard

Paul Gilster, autor de *Centauri Dreams*

Rebecca Goldberg, Environmental Defense Fund

Don Goldsmith, astrônomo, autor de *Runaway Universe*

David Goodstein, reitor adjunto da Cal Tech

J. Richard Gott III, Universidade de Princeton, autor de *Time Travel in Einstein's Universe*

Stephen Jay Gould, biólogo, Universidade de Harvard, *in memoriam*

Em baixador Thomas Graham, satélites espões e inteligência

John Grant, autor de *Corrupted Science*

Eric Green, National Institutes of Health

Ronald Green, autor de *Babies by Design*

Brian Greene, Universidade de Columbia, autor de *The Elegant Universe* Alan Guth, físico, MIT, autor de *The Inflationary Universe*

William Hanson, autor de *The Edge of Medicine*

Leonard Hayflick, Escola de Medicina da Universidade da Califórnia

Donald Hillebrand, Argonne National Labs, o futuro do carro

Frank N. von Hippel, físico, Universidade de Princeton

Allan Hobson, psiquiatra, Universidade de Harvard

Jeffrey Hoffman, astronauta da NASA, MIT

Douglas Hofstadter, ganhador do Prêmio Pulitzer, Universidade de Indiana, autor de *Gödel, Escher, Bach*

John Horgan, Stevens Institute of Technology, autor de *The End of Science*
Jamie Hayneman, apresentador da série *Os caçadores de mitos* [Discovery]

Chris Impey, astrônomo, autor de *The Living Cosmos*

Robert Irie, Laboratório de IA do MIT

P. J. Jacobowitz, revista *PC*

Jay Jaroslav, Laboratório de IA do MIT

Donald Johanson, antropólogo, descobridor do fóssil Lucy

George Johnson, jornalista de ciências no *The New York Times*

Tom Jones, astronauta da Nasa

Steve Kates, astrônomo

Jack Kessler, especialista em células-tronco, vencedor do Peabody Award
Robert Kirshner, astrônomo, Universidade de Harvard

Kris Koenig, astrônomo

Lawrence Krauss, Universidade do Estado do Arizona, autor de *Physics of Star Trek*

Lawrence Kuhn, cineasta e filósofo, *Closer to Truth*

Ray Kurzweil, inventor, autor de *The Age of Spiritual Machines*

Robert Lanza, biotecnologia, Advanced Cell Technologies

Roger Launius, autor de *Robots in Space*

Stan Lee, criador da Marvel Comics e do Homem-Aranha

Michael Lemonick, editor chefe de ciências da *Time*

Arthur Lerner-Lam, geólogo, vulcanista

Sim on LeVay, autor de *When Science Goes Wrong*

John Lewis, astrônomo, Universidade do Arizona

Alan Lightman, MIT, autor de *Einstein's Dreams*

George Linehan, autor de *Space One*

Seth Lloyd, MIT, autor de *Programming the Universe*

Werner R. Loewenstein, ex-diretor do Cell Physics Laboratory,
Universidade de Columbia

Joseph Lykken, físico, Fermi National Laboratory

Pattie Maes, Laboratório de IA do MIT

Robert Mann, autor de *Forensic Detective*

Michael Paul Mason, autor de *Head Cases: Stories of Brain Injury and Its Aftermath*

Patrick McCray, autor de *Keep Watching the Skies*

Glenn McGee, autor de *The Perfect Baby*

James McLurkin, Laboratório de IA do MIT

Paul McMillan, diretor do Space Watch

Fulvia Melia, astrônoma, Universidade do Arizona

William Meller, autor de *Evolution Rx*

Paul Meltzer, National Institutes of Health

Marvin Minsky, MIT, autor de *The Society of Minds*

Hans Moravec, autor de *Robot*

Phillip Morrison, físico, MIT, *in memoriam*

Richard Muller, astrofísico, Universidade da Califórnia em Berkeley

David Nahamoo, IBM Human Language Technology

Christina Neal, vulcanista

Miguel Nicolelis, neurocientista, Duke University

Shinji Nishimoto, neurologista, Universidade da Califórnia em Berkeley
Michael Novacek, American Museum of Natural History

Michael Oppenheimer, ambientalista, Universidade de Princeton

Dean Ornish, especialista em câncer e doenças do coração

Peter Palese, virologista, Mount Sinai School of Medicine

Charles Pellerin, oficial da Nasa

Sidney Perkowitz, autor de *Hollywood Science*

John Pike, GlobalSecurity.org

Jena Pincott, autora de *Os homens preferem mesmo as loiras?*

Steven Pinker, psicólogo, Universidade de Harvard

Thomas Poggio, MIT, Inteligência Artificial

Correy Powell, editor da revista *Discover*

John Powell, fundador da JP Aerospace

Richard Preston, autor de *Hot Zone* e *Demon in the Freezer*

Ramona Pringle, astrônoma, University College London

David Quammen, biologia evolutiva, autor de *The Reluctant Mr. Darwin*
Katherine Ramsland, cientista forense

Lisa Randall, Universidade de Harvard, autora de *Warped Passages*

Sir Martin Rees, Astrônomo Real da Grã-Bretanha, Universidade de Cambridge, autor de *Before the Beginning*

Jeremy Rifkin, Foundation for Economic Trends

David Riquier, Laboratório de Mídia do MIT

Jane Rissler, Union of Concerned Scientists

Steven Rosenberg, National Institutes of Health

Oliver Sacks, neurologista, Universidade de Columbia

Paul Saffo, futurista, Institute of the Future

Carl Sagan, Cornell University, autor de *Cosmos*, *in memoriam* Nick Sagan, coautor de *You Call This the Future?*

Michael H. Salamon, programador da NASA Beyond Einstein

Adam Savage, apresentador da série *Os caçadores de mitos*

Peter Schwartz, futurista, fundador da Global Business Network

Michael Shermeyer, fundador da Skeptic Society e da revista *Skeptic*
Donna Shirley, programadora Marte da NASA

Seth Shostak, Instituto SETI

Neil Shubin, autor de *Your Inner Fish*

Paul Shurch, SETI League

Peter Singer, autor de *Wired for War*

Simon Singh, autor de *The Big Bang*

Gary Small, autor de *iBrain*

Paul Spudis, autor de *Odyssey Moon Limited*

Stephen Squyres, astrônomo, Cornell University

Paul Steinhardt, Universidade de Princeton, autor de *Endless Universe*
Jack Stern, cirurgia com células-tronco

Gregory Stock, UCLA, autor de *Redesigning Humans*

Richard Stone, autor de *NEOs e Tunguska*

Brian Sullivan, Hayden Planetarium

Leonard Susskind, físico, Universidade de Stanford

Daniel Tammet, autor de *Nascido em um dia azul*

Geoffrey Taylor, físico, Universidade de Melbourne

Ted Taylor, projetista de ogivas nucleares dos Estados Unidos, *in*

memoriam Max Tegm ark, cosm ólogo, MIT

Alvin Toffler, autor de *The Third Wave*

Patrick Tucker, World Future Society

Chris Turney, University of Wollongong, autor de *Ice, Mud and Blood*

Neil de Grasse Tyson, diretor do Hay den Planetarium

Sesh Velam oor, Foundation for the Future

Robert Wallace, autor de *Spycraft*

Kevin Warwick, ciborgues hum anos, Universidade de Reading, Reino

Unido Fred Watson, astrônom o, autor de *Stargazer*

Mark Weiser, Xerox PARC, *in memoriam*

Alan Weism an, autor de *O mundo sem nós*

Daniel Wertheim er, SETI at Hom e, Universidade da Califórnia em

Berkeley Mike Wessler, Laboratório de IA do MIT

Roger Wiens, astrônom o, Los Alam os National Laboratory

Arthur Wiggins, autor de *The Joy of Physics*

Anthony Wy nshaw-Boris, National Institutes of Health

Carl Zim m er, biólogo, autor de *Evolution*

Robert Zim m erm an, autor de *Leaving Earth*

Robert Zubrin, fundador da Mars Society

Gostaria tam bém de agradecer ao m eu agente literário, Stuart Krichevsky, que esteve ao m eu lado por todos esses anos, oferecendo bons conselhos sobre m eus livros. O discernim ento dele sem pre m e aj udou. Além disso, gostaria de agradecer a m eus editores, Edward Kastenm eier e Melissa Danaczko, que m e orientaram neste trabalho e forneceram conselhos editoriais inestim áveis. E

tam bém gostaria de agradecer à dra. Michelle Kaku, m inha filha, neurologista residente no Mount Sinai Hospital em Nova York, pelas discussões estim ulantes,

ponderadas e enriquecedoras sobre o futuro da neurologia. Sua leitura

cuidadosa e aprofundada do manuscrito foi de grande valor para a forma e o conteúdo deste livro.

INTRODUÇÃO

Os dois maiores mistérios de toda a natureza são a mente e o universo. Com a nossa vasta tecnologia, fomos capazes de fotografar galáxias a bilhões de anos-luz de distância, manipular genes que controlam a vida e sondar os reconditos mistérios escondidos do átomo. No entanto, a mente e o universo ainda nos ludibriam e intrigam. São os rincões mais misteriosos e fascinantes da ciência.

Para apreciar a grandiosidade do universo, basta olhar para o céu à noite, iluminado por bilhões de estrelas. Desde que nossos ancestrais se extasiaram pela primeira vez com o esplendor do céu estrelado, somos confrontados com as eternas perguntas: De onde veio tudo isso? O que tudo isso significa?

Para contemplar o mistério da mente, basta nos olharmos no espelho e tentar imaginar o que se esconde por trás de nossos olhos. Isso desperta perguntas assombrosas, como: Tem a alma? O que acontece quando morrem os? Quem sou

“eu”, afinal? E o mais importante é que nos leva à pergunta derradeira: Qual é nossa parte no grande esquema cósmico? Com o disse o famoso biólogo vitoriano Thomas Huxley, “A questão das questões para a humanidade, o problema existente por trás de todos os outros e talvez o mais interessante, é a definição do lugar do homem na Natureza e sua relação com o Cosmos”.

Há 100 bilhões de estrelas na Via Láctea, aproximadamente o mesmo número de neurônios que temos no cérebro. Seria preciso viajar 39 trilhões de quilômetros até a primeira estrela fora do sistema solar para encontrar algo tão complexo quanto o que temos em cima do pescoço. A mente e o universo constituem o maior de todos os desafios científicos, mas também apresentam uma relação curiosa. Por um lado, situam-se em polos opostos. Um concerne à vastidão do espaço sideral, onde encontram os estranhos habitantes, com os buracos negros, explosões de estrelas e colisões de galáxias. O outro concerne ao espaço interior, onde estão nossas esperanças e desejos mais íntimos. A mente está logo ali no próximo pensamento, mas quando nos pedem para defini-la ou explicá-la, não temos a menor ideia.

Entretanto, apesar de opostos nesse aspecto, a mente e o universo tam

bém com partilham de um a m esm a narrativa. Am bos estão envolvidos em superstição e m agia desde tem pos rem otos. Astrólogos e frenólogos afirm aram encontrar o significado do universo em cada constelação do zodíaco e em cada protuberância do crânio. Adivinhos e videntes têm sido, ao m esm o tem po, enaltecidos e dem onizados ao longo dos anos.

O universo e a m ente continuam a se cruzar de várias m aneiras, graças, em grande parte, a algum as ideias inovadoras que costum am os encontrar na ficção científica. Ao ler esses livros quando criança, eu sonhava em ser da Slan, um a raça de telepatas criada por A. E. van Vogt. Fascinava-m e com o um m utante chamado Mula era capaz de ativar seus vastos poderes telepáticos e quase

dom inar o Im pério Galáctico na *Trilogia da Fundação*, de Isaac Asim ov. E no film e *O planeta proibido*, eu tentava entender com o um a civilização m ilhões de anos à frente da nossa conseguia canalizar seus enorm es poderes telecinéticos para rem odelar a realidade conform e seus anseios e desej os.

Quando eu tinha uns 10 anos, “O Incrível Dunninger” apareceu na televisão. O

público ficava deslum brado com seus espetaculares truques de m ágica. Seu lem a era: “Para quem acredita, nenhum a explicação é necessária; para quem não acredita, nenhum a explicação é suficiente.” Um dia ele declarou que iria enviar pensam entos a m ilhões de pessoas em todos os Estados Unidos. Fechou os olhos e se concentrou, dizendo que estava transm itindo o nom e de um presidente do país.

Pedi às pessoas que escrevessem num cartão-postal o nom e que lhes viesse à m ente e enviassem pelo correio. Na sem ana seguinte, anunciou, triunfante, que tinha recebido m ilhares de cartões com o nom e “Roosevelt”, o m esm o que ele

“transm itira” para todo o país.

Não fiquei im pressionado. Na época, o legado de Roosevelt era m uito forte para quem tinha atravessado a Depressão e a Segunda Guerra Mundial, portanto, não era surpresa. (Pensei que seria surpreendente se ele tivesse pensado no presidente Millard Fillm ore.)

Ainda assim , aquilo alim entava m inha im aginação e não resisti a fazer alguns experim entos de telepatia, concentrando-m e o m áxim o possível para ler a m ente das pessoas. Eu fechava os olhos, m e

concentrava intensamente tentando “ouvir”

os pensamentos dos outros e me mover por telecinesia os objetos do meu quarto.

Nunca consegui.

Talvez em algum lugar da Terra houvesse telepatas, mas eu não era um deles.

No decorrer desse processo, comecei a perceber que provavelmente as incríveis façanhas dos telepatas eram impossíveis — pelo menos, sem ajuda externa. Mas, nos anos que se seguiram, também fui aprendendo outra lição: para penetrar nos maiores segredos do universo, não era necessário ter poderes telepáticos nem sobre-humanos. Era preciso apenas ter a mente aberta, determinada e curiosa. E

sobretudo para saber se as fantásticas criações da ficção científica seriam possíveis, era preciso mergulhar na física avançada. Para identificar o ponto preciso onde o possível se torna o impossível, é necessário respeitar e entender as leis da física.

Dois paixões têm inflamação em minha imaginação durante todos esses anos: entender as leis fundamentais da física e ver como a ciência vai configurar nossa vida no futuro. A fim de ilustrar isso e compartilhar meu entusiasmo em explorar as leis definitivas da física, escrevi os livros *Hiperespaço*, *Para além de Einstein* e *Mundos paralelos*. E para expressar meu fascínio pelo futuro, escrevi *Visões do futuro*, *Física do impossível* e *A física do futuro*. Durante a pesquisa e a escrita desses livros, fui constantemente lembrado de que a humanidade ainda é uma das forças mais poderosas e misteriosas desse mundo.

Na verdade, no curso da história, não fomos capazes de entender o que é a mente e como ela funciona. Os antigos egípcios, apesar de todas as grandes realizações nas artes e nas ciências, acreditavam que o cérebro era um órgão inútil e o jogavam fora quando embalsamavam os faraós. Aristóteles tinha certeza de que a alma residia no coração, e não no cérebro, cuja única função era resfriar o sistema cardiovascular. Outros, como Descartes, pensavam que a alma entrava no corpo através da minúscula glândula pineal, no cérebro. Mas, na falta de evidências sólidas, nenhuma dessas teorias pôde ser comprovada.

Essa “idade das trevas” persistiu por milhares de anos, e por bons motivos. O

cérebro pesa apenas um quilo e meio, mas é o elemento mais complexo no sistema solar. Embora ocupe apenas 2% do peso do corpo, o cérebro tem um apetite voraz, consumindo 20% do total de nossa energia (em recém-nascidos, o cérebro consome 65% da energia), e 80% dos nossos genes são ativados no cérebro. A estimativa de neurônios existentes no crânio é de 100 bilhões, com quantidades exponenciais de conexões e caminhos neurais.

Em 1977, quando o astrônomo Carl Sagan escreveu o livro ganhador do

Prêmio Pulitzer, *Os dragões do Éden*, ele resumiu o que se conhecia sobre o cérebro até aquele momento. O livro foi maravilhoso e bem escrito e buscou representar o que havia de mais desenvolvido na neurociência que, na época, se baseava fortemente em três fontes principais. A primeira era a comparação de nosso cérebro com os de outras espécies. Tal tarefa era enfadonha e difícil, porque envolvia a dissecação de cérebros de milhares de animais. A segunda metodologia era igualmente indireta, pois analisava vítimas de derrames e doenças, que passavam a apresentar um comportamento estranho. Somente após a morte, uma autópsia podia revelar qual parte do cérebro tinha alguma disfunção. Na terceira, os cientistas usavam eletrodos para investigar o cérebro e, lentamente e a duras penas, definiam qual parte do órgão influenciava determinado comportamento.

Mas os instrumentos básicos da neurociência não forneciam um modo

sistemático de analisar o cérebro. Não se podia simplesmente recorrer a uma vítima de derrame com dano na área específica que se queria estudar. Dado que o cérebro é um sistema vivo, dinâmico, a autópsia quase nunca revelava os aspectos mais interessantes, como as formas de interação entre as diversas partes do órgão, ou como produziam pensamentos tão diversos quanto amor, ódio, ciúme e curiosidade.

REVOLUÇÕES GÊMEAS

Quatrocentos anos atrás foi inventado o telescópio e, praticamente de um dia

para o outro, esse novo instrumento miraculoso passou a vasculhar os corpos celestes. Trata-se de um dos instrumentos mais revolucionários (e perturbadores) de todos os tempos. De repente,

podiam os ver com nossos próprios olhos os mitos e dogmas do passado evaporando-se com o abraço da manhã. Em vez de exemplos perfeitos da sabedoria divina, a Lua tinha crateras acidentadas, o Sol tinha manchas escuras, Júpiter tinha luas, Vênus tinha fases, Saturno tinha anéis.

Aprendeu-se mais sobre o universo nos quinze anos seguintes à invenção do telescópio do que em toda a história da humanidade.

Assim como ocorreu com a invenção do telescópio, em meados dos anos 1990

e 2000 a introdução dos aparelhos de imagem por ressonância magnética (IRM) e de uma série de equipamentos avançados de varreduras cerebrais

transformaram a neurociência. Aprendemos mais sobre o cérebro nos últimos quinze anos do que em toda a história humana anterior, e a mente, antes considerada fora de alcance, está finalmente assumindo o lugar central.

O ganhador do Prêmio Nobel Eric R. Kandel, do Max Planck Institute de

Tübingen, Alemanha, diz: “Os *insights* mais valiosos sobre a mente humana que emergiram nesse período não vieram das disciplinas tradicionalmente relacionadas com a mente – filosofia, psicologia, psicanálise. Vieram de uma fusão dessas disciplinas com a biologia do cérebro...”

Os físicos tiveram um papel essencial nesse empreendimento, produzindo uma avalanche de instrumentos e siglas, com o IRM, EEG, TEP, TAC, EMT, EET e ECP, que mudaram radicalmente o estudo do cérebro. Com essas máquinas, passam os a conseguir ver os pensamentos se movendo dentro do cérebro vivo e pensante. Como diz o neurologista V. S. Ramachandran, da Universidade da Califórnia, em San Diego: “Todas essas questões que os filósofos têm estudado há milênios, nós, cientistas, podemos começar a explorar fazendo imagens do cérebro, estudando pacientes, e fazendo as perguntas certas.”

Olhando para o passado, vejo o que algumas das minhas incursões iniciais no mundo da física se cruzaram com essas mesmas tecnologias que hoje abrem a mente para a ciência. No ensino médio, por exemplo, tomei conhecimento de uma nova forma de matéria, chamada antimatéria, e decidi realizar um projeto de ciências

sobre o tema. Com o que se trata de uma das substâncias mais importantes existentes, precisei apelar para a antiga Comissão de Energia Atômica e consegui uma quantidade mínima de sódio-22, uma substância que em si naturalmente um elétron positivo (antieletron, ou pósitron). De posse da minha pequena amostra, consegui fazer uma câmara de nuvens e um poderoso campo magnético que me permitiram fotografar o rastro de vapor deixado pelas partículas de antimatéria.

Eu não sabia na época, mas o sódio-22 logo iria se tornar essencial para a nova tecnologia chamada tomografia por emissão de pósitrons (TEP), que desde então tem nos revelado um conhecimento surpreendente sobre o cérebro pensante.

Outra tecnologia que experimentei na escola foi a ressonância magnética.

Assisti a uma palestra de Felix Bloch, da Universidade de Stanford, que recebeu o Prêmio Nobel de Física junto com Edward Purcell, em 1952, pela descoberta da ressonância magnética nuclear. O dr. Bloch ensinou a nós, jovens alunos, que dentro de um campo magnético forte os átomos se alinham verticalmente, com os eixos das agulhas da bússola. Se aplicamos a esses átomos um pulso de rádio numa frequência de ressonância específica, eles invertem o alinhamento. Quando retornam à posição inicial, eles emitem outro pulso, com o mesmo eco, que nos permite determinar a identidade desses átomos. Mais tarde, usei o princípio da ressonância magnética para construir um acelerador de partículas de 2,3 milhões de elétrons-volt na garagem da casa de minha mãe.

Poucos anos depois, quando eu era calouro da Universidade de Harvard, tive a honra de ser aluno de eletrodinâmica do dr. Purcell. Na mesma época, eu tinha um emprego de verão e surgiu a chance de trabalhar com o dr. Richard Ernst, que estava tentando generalizar o trabalho de Bloch e Purcell sobre ressonância magnética. Ele teve um sucesso espetacular, e acabou ganhando o Nobel de Física em 1991 por lançar as bases do aparelho moderno de RMN. Este, por sua vez, produziu fotografias detalhadas do cérebro vivo ainda mais precisas do que a varredura por TEP.

CAPACITANDO A MENTE

Eu me tornei professor de física teórica, mas minha fascinação pela mente permaneceu. Era sensacional ver que na última década os avanços da física possibilitaram algumas proezas do mentalismo que me extasiavam quando menino. Usando varredura por IRM, os cientistas conseguem ler os pensamentos que circulam em nosso cérebro. Podem também inserir um chip num cérebro totalmente paralisado e ligá-lo ao computador de modo que, apenas com o pensamento, o paciente consiga navegar na internet, ler e escrever e-mails, jogar videogames, controlar a cadeira de rodas, operar eletrodomésticos e manusear braços mecânicos. Por meio de um computador, esses pacientes podem fazer tudo o que faz uma pessoa normal.

Agora os cientistas estão indo ainda mais longe, conectando o cérebro diretamente a um exoesqueleto sobreposto aos membros paralisados do paciente.

Um dia os tetraplégicos poderão ter uma vida muito próxima à normal. Esses exoesqueletos também podem nos dar superpoderes para lidar com emergências de vida ou morte. Talvez um dia os astronautas possam até explorar planetas, sentados confortavelmente na sala de casa, controlando mentalmente substitutos mecânicos.

Com o filme *Matrix*, talvez um dia possam os fazer o download de

memórias e habilidades usando computadores. Em estudos com animais, os cientistas já conseguiram inserir memórias no cérebro dos bichos. Talvez seja apenas uma questão de tempo para que nós também sejamos capazes de inserir memórias em nosso cérebro e aprender coisas novas, passar as férias em novos lugares, adquirir novas habilidades. E se for possível transferir capacidades técnicas para a mente de trabalhadores e cientistas, a economia mundial pode ser beneficiada. Poderemos até compartilhar essas memórias. Talvez um dia os cientistas possam construir uma “internet da mente”, uma “mentenet”, que envie eletronicamente pensamentos e emoções para o mundo inteiro. Até os sonhos poderão ser gravados e enviados por “mentemail”, via internet.

A tecnologia também pode nos dar o poder de aumentar a inteligência. Já há progressos no entendimento dos poderes extraordinários dos *savants*, cujas capacidades mentais, artísticas e m

atem áticas são realm ente im pressionantes.

Além disso, os genes que nos separam dos m acacos estão sendo sequenciados, dando-nos um a ideia sem paralelo das origens evolucionárias do cérebro. Já foram isolados genes que podem aum entar a m em ória e o desem penho m ental de anim ais.

O entusiasmo e o futuro prom issor criado por esses avanços surpreendentes são de tal m agnitude que j á atraíram a atenção dos políticos. De fato, a ciência do cérebro de repente se tornou fonte de um a rivalidade transoceânica entre as m aiores potências econôm icas do planeta. Em j aneiro de 2013, tanto o presidente norte-am ericano Barack Obam a com o a União Europeia anunciaram que

poderiam destinar verbas de bilhões de dólares a dois proj etos independentes para desenvolver a engenharia reversa do cérebro. Decifrar os intricados circuitos neurais no cérebro, antes considerados com pletam ente fora do alcance da ciência m oderna, é hoj e o foco de dois proj etos arrebatadores que, com o o Proj eto Genom a Hum ano, irão m udar o panoram a m édico e científico. Além de nos oferecer um conhecim ento incom parável da m ente hum ana, irá gerar novas indústrias, prom over atividades econôm icas e abrir novos horizontes para a neurociência.

Quando os cam inhos neurais forem decodificados, poderem os finalm ente com preender as origens exatas das doenças m entais, o que talvez leve à cura desse sofrim ento tão antigo. Essa decodificação tam bém tornará possível criar um a cópia do cérebro, o que levanta questões filosóficas e éticas. Quem som os nós, se nossa consciência pode ser transferida para um com putador? Podem os brincar até com o conceito de im ortalidade. Nosso corpo pode se deteriorar e m orrer, m as nossa consciência viverá para sem pre?

Além disso, talvez um dia, num futuro distante, a m ente possa se libertar das restrições corporais e viaj ar pelas estrelas, com o vários cientistas j á especularam . Podem os im aginar que, daqui a séculos, talvez sej a possível lançar no espaço raios laser com nossos diagram as neurais com pletos – talvez a

m aneira m ais conveniente de nossa consciência explorar as estrelas.

Surge hoj e um cenário científico brilhante, que irá redefinir o destino hum ano.

Estam os entrando na idade de ouro da neurociência.

Ao fazer tais previsões, tive a ajuda inestimável de cientistas que amavelmente me permitiram entrevistá-los, divulgar suas ideias em cadeia nacional de rádio, e até levar uma equipe de televisão a seus laboratórios. São esses cientistas que estão ditando as bases para o futuro da mente. Para incorporar suas ideias a este livro, fiz apenas duas exigências: (1) as previsões devem obedecer rigorosamente às leis da física, e (2) devem existir protótipos com a prova de que as ideias funcionam.

ATINGIDO PELA DOENÇA MENTAL

Quando escrevi uma biografia de Einstein, intitulada *O cosmo de Einstein*, vi-me às voltas com detalhes minuciosos de sua vida privada. Eu sabia que o filho mais novo de Einstein sofria de esquizofrenia, mas não imaginava o enorme peso emocional que isso teve na vida do grande cientista. Einstein foi também afetado de outra maneira pela doença mental. Um de seus colegas mais chegados era o físico Paul Ehrenfest, que ajudou a criar a teoria da relatividade geral. Após sofrer fases de depressão, Ehrenfest matou tragicamente o próprio filho, portador de síndrome de Down, e se suicidou. Com o passar dos anos, descobri que muitos colegas e amigos sofreram com doenças mentais na família.

A doença mental afetou profundamente a minha vida também. Muitos anos atrás, minha mãe morreu após uma longa batalha contra o mal de Alzheimer.

Era de cortar o coração vê-la perder gradualmente a memória das pessoas amadas e olhá-la nos olhos e perceber que ela não sabia quem eu era. Eu via os resquícios de humanidade se extinguindo lentamente. Ela havia passado a vida inteira lutando para sustentar a família e, em vez de aproveitar a aposentadoria, todas as memórias que valorizava lhe foram roubadas.

À medida que os *baby boomers* envelhecem, a triste experiência que eu e muitos outros tivemos se repetirá pelo mundo afora. Meu desejo é que o rápido avanço da neurociência possa um dia aliviar o sofrimento dos atingidos pela doença mental e pela demência.

O QUE ESTÁ CONDUZINDO ESSA REVOLUÇÃO?

Os dados provenientes das varreduras cerebrais estão sendo decodificados, e o

progresso é impressionante. Várias vezes por ano, vêm os manchetes nos jornais anunciando uma nova descoberta. Da invenção do

telescópio à era espacial passaram -se 350 anos, mas as faz apenas quinze anos que a IRM e os métodos cerebrais avançados foram introduzidos, permitindo conectar os humanos ao cérebro ao mundo externo. *Por que tão rápido, e quanto ainda está por vir?*

Parte desse rápido progresso ocorreu porque os físicos de hoje têm um bom conhecimento do eletromagnetismo, que rege os sinais elétricos que percorrem os neurônios. As equações matemáticas de James Clerk Maxwell, usadas para calcular a física de antenas, radares, receptores de rádio e torres de micro-ondas, formam os alicerces da tecnologia de IRM. Levou séculos para se desvendar o segredo do eletromagnetismo, mas a neurociência saboreia os frutos dessa grande conquista.

No Livro I, faço um levantamento da história do cérebro e mostro com o que a infinidade de novos instrumentos saiu dos laboratórios de física e nos deu imagens coloridas dos mecanismos do pensamento. Dado que a consciência tem um papel central em qualquer discussão sobre a mente, dou também a perspectiva de um físico, oferecendo uma definição de consciência que inclui o reino animal. Na verdade, trago uma classificação de consciências, mostrando que é possível atribuir números a vários tipos delas.

Mas para dar uma resposta completa à pergunta de como essa tecnologia vai avançar, é preciso retomar a lei de Moore, que afirma que a capacidade do computador duplica a cada dois anos. As pessoas se surpreendem diante do simples fato de que um telefone celular tem hoje mais capacidade de computação do que a Nasa inteira quando pôs dois homens na Lua em 1969.

Hoje os computadores têm capacidade suficiente para registrar os sinais elétricos emitidos pelo cérebro e para decodificá-los parcialmente numa linguagem digital conhecida. Isso torna possível uma interface direta do cérebro com o

computador para controlar qualquer objeto próximo. Esse campo, que cresce rapidamente, é chamado ICM (interface cérebro-máquina), e a tecnologia chave é o computador.

No Livro II exploro essa nova tecnologia, que possibilita o registro de memórias, leitura da mente, gravação de sonhos em vídeo, e telecinesia.

No Livro III, investigo as alternativas de consciência, desde sonhos, drogas e doença mental a robôs e alienígenas do espaço

sideral. Tam bém falo sobre o potencial de controle e m anej o do cérebro para lidar com doenças com o depressão, m al de Parkinson, de Alzheimer e m uitas outras. Discuto ainda o Proj eto Brain, anunciado pelo presidente Obam a, e o Proj eto do Cérebro Hum ano, da União Europeia, que deverão destinar bilhões de dólares para decodificar os cam inhos cerebrais até o nível neural. Esses dois program as certam ente abrirão áreas de pesquisa inteiram ente novas, trazendo novas m aneiras de tratar a doença m ental e revelando os segredos m ais íntim os da

consciência.

Um a vez dada a definição de consciência, podem os usá-la para explorar tam bém a consciência não hum ana (isto é, a consciência de robôs). Com o serão os robôs avançados? Terão em oções? Poderão ser um a am eaça? E podem os explorar tam bém a consciência de alienígenas, que podem ter m etas totalm ente diferentes das nossas.

No Apêndice, vou discutir a ideia talvez m ais estranha de toda a ciência: o conceito da física quântica, de que a consciência pode ser a base fundam ental da realidade.

Não faltam propostas para esse cam po em expansão. Som ente o tem po dirá quais delas são m eras ilusões criadas pela im aginação fértil dos autores de ficção científica, e quais representam cam inhos sólidos para a pesquisa científica. O

progresso da neurociência tem sido astronôm ico e, em vários aspectos, a chave é a física m oderna, que usa o poder total das forças eletrom agnéticas e nucleares para investigar os grandes segredos ocultos em nossa m ente.

É preciso enfatizar que não sou neurocientista. Sou um físico teórico com um interesse incansável pela m ente. Espero que a posição vantaj osa de um físico possa aj udar a enriquecer ainda m ais nosso conhecim ento e dar outra

com preensão do obj eto m ais fam iliar e estranho do universo: nossa m ente.

Mas em vista do ritm o alucinante em que estão sendo desenvolvidas novas perspectivas, é im portante ter um a noção sólida da com posição do cérebro.

Portanto, vam os falar prim eiro das origens da neurociência m oderna, que alguns historiadores acreditam ter com eçado quando um

a enorm e haste de ferro atravessou o cérebro de um certo Phineas Gage. Esse acontecimento sem inal gerou um a reação em cadeia que possibilitou a investigação científica do cérebro. Apesar de ter sido um a experiência infeliz para Gage, abriu o caminho para a ciência moderna.

LIVRO I A MENTE E A CONSCIÊNCIA

Minha premissa fundamental sobre o cérebro é que seu funcionamento – o que às vezes chamamos de “mente” – é consequência de sua anatomia e fisiologia, e nada mais.

– CARL SAGAN

1 DESVENDANDO A MENTE

Em 1848, Phineas Gage estava trabalhando com o contramestre num a ferrovia em Vermont quando a dinamite explodiu acidentalmente, lançando um a haste de ferro de um metro e dez centímetros que atravessou a parte frontal do cérebro dele, saiu pelo alto do crânio e foi aterrissar vinte e cinco metros adiante. Os trabalhadores, horrorizados ao ver explodir um a parte do cérebro do

contramestre, chamaram um médico imediatamente. Para grande espanto dos trabalhadores (e dos médicos também), Gage não morreu. Ficou sem consciência durante um tempo, mas sua recuperação, aparentemente, foi total. (Um a rara foto de Gage surgiu em 2009, mostrando um homem bonito de ar confiante, com um ferimento na cabeça e no olho esquerdo, segurando a haste de ferro.) Seus companheiros de trabalho, porém, notaram um a mudança brutal em sua personalidade depois do acidente. Normalmente alegre, prestativo, Gage ficou agressivo, hostil e egoísta. As coisas eram avisadas para manter distância do contramestre. O dr. John Harlow, médico que tratou dele, observou que Gage estava “cheio de caprichos, hesitante, planejando muitas operações que eram logo abandonadas em troca de outras que pareciam mais viáveis. Um a criança em termos de capacidade intelectual e ações, mas com as paixões animadas de um homem forte”. O dr. Harlow notou que ele estava “radicalmente mudado”

e os companheiros de trabalho diziam que “ele não era mais o mesmo Gage”.

Depois da morte de Gage em 1860, o dr. Harlow preservou seu crânio e a haste que o tinha danificado. Radiografias detalhadas do crânio confirmaram que o ferro havia causado um a grande destruição na

área do cérebro atrás da testa, conhecida com o lobo frontal, tanto no hemisfério esquerdo quanto no direito.

Esse incrível acidente veio mudar não só a vida de Phineas Gage, mas as

também alterar o curso da ciência. Anteriormente, o pensamento antes dizia que o cérebro e a alma eram duas entidades separadas, uma a filosofia chamada dualismo, mas ficou cada vez mais claro que o dano no lobo frontal havia causado mudanças abruptas na personalidade de Gage. Isso, por sua vez, criou uma mudança de paradigma no pensamento científico: talvez áreas específicas do cérebro pudessem estar relacionadas a certos comportamentos.

O CÉREBRO DE BROCA

Em 1861, apenas um ano após a morte de Gage, essa ideia foi consolidada pelo trabalho de Pierre Paul Broca, um físico de Paris que documentou um paciente que parecia normal, exceto por um grave déficit de fala. O paciente

compreendia perfeitamente a fala, mas só conseguia emitir um som, “tam”.

Quando esse paciente morreu, a autópsia mostrou que ele tinha uma lesão no lobo temporal esquerdo, uma região perto da orelha esquerda. Mais tarde, o dr.

Broca confirmou doze casos semelhantes de pacientes com lesão nessa área específica do cérebro. Hoje, diz-se que os pacientes com lesão no lobo temporal, geralmente do lado esquerdo, sofrem de afasia de Broca. (Em geral, os pacientes com esse distúrbio podem entender a fala mas não conseguem falar nada, ou pulam muitas palavras quando falam.)

Pouco depois, em 1874, o físico alemão Carl Wernicke descreveu pacientes que tinham o problema oposto. Eles sabiam pronunciar perfeitamente as palavras, mas não entendiam o significado, fossem faladas ou escritas. Muitas vezes, falavam fluentemente, com gramática e sintaxe corretas, mas as palavras não faziam sentido e as frases eram disparatadas. Infelizmente, quase nunca sabiam que estavam produzindo um discurso absurdo. Wernicke confirmou, depois da autópsia, que esses pacientes tinham sofrido lesões numa área ligeiramente diferente no lobo temporal esquerdo.

Os trabalhos de Broca e Wernicke representaram um marco para os estudos da neurociência, estabelecendo uma conexão clara entre problemas

com portam entais, com os distúrbios da fala e linguagem, e lesões em regiões específicas do cérebro.

Outra descoberta ocorreu em meio ao caos da guerra. Ao longo da história, houve muitos tabus religiosos proibindo a dissecação do corpo humano, o que restringia severamente o progresso da medicina. Na guerra, porém, com dezenas de milhares de soldados sangrando e morrendo nos campos de batalha, tornou-se uma missão urgente dos médicos desenvolver qualquer tratamento que

funcionasse. Em 1864, durante a guerra da Prússia com a Dinamarca, o médico alemão Gustav Fritsch tratou de muitos soldados com ferimentos que deixavam o cérebro à mostra e observou que, quando ele tocava num hemisfério cerebral, o lado oposto do corpo estremecia. Mais tarde Fritsch demonstrou

sistemas atacam entre que, quando ele estimulava eletricamente o cérebro, o hemisfério esquerdo controlava o lado direito do corpo e vice-versa. Foi uma descoberta fantástica, demonstrando que o cérebro é de natureza basicamente elétrica, e que uma região controla o lado oposto do corpo. (Curiosamente, o uso de sondas elétricas no cérebro foi registrado alguns milhares de anos antes, pelos romanos. No ano 43 d.C. há registros de que o médico da corte do imperador Cláudio usava peixes elétricos aplicados diretamente na cabeça de pacientes que sofriam de cefaleia grave.)

A descoberta de que havia caminhos elétricos ligando o cérebro ao corpo só foi analisada sistematicamente nos anos 1930, quando o dr. Wilder Penfield começou a trabalhar com pacientes epiléticos, que geralmente sofriam convulsões e ataques, correndo risco de morrer. Para eles, a última opção era uma cirurgia cerebral, que envolvia abrir partes do crânio, expondo o cérebro.

(Com o cérebro não tem nervos sensíveis à dor, a pessoa podia ficar consciente durante todo o procedimento, e o dr. Penfield aplicava apenas uma anestesia local durante a operação.)

O médico notou que, quando estimulava certas áreas do córtex com um

eletrodo, diferentes partes do corpo reagiam. Ele percebeu que poderia traçar uma correspondência direta entre regiões específicas

do córtex e partes do corpo humano, e o fez com tanta precisão que é usada até hoje, quase sem alterações.

Isso causou um impacto imediato, tanto na comunidade científica como no público em geral. Em um dos diagramas a seguir, pode-se ver qual região cerebral controla basicamente qual função, e quão importante é cada função.

Por exemplo: como os olhos e a boca são vitais para nossa sobrevivência, uma quantidade considerável de energia cerebral é destinada para controlá-los, ao passo que nossos sensores nas costas mais são registrados.

Além disso, Penfield descobriu que ao estimular partes do lobo temporal os pacientes reativavam memórias há muito tempo esquecidas, com total clareza.

Ele ficou chocado quando, no meio de uma cirurgia cerebral, um paciente falou de repente: “Parecia... que eu estava na porta da [minha] escola secundária...”

Ouvimos minha mãe falando ao telefone, dizendo à minha tia que fosse lá em casa à noite.” Penfield viu que estava tocando em memórias enterradas no fundo do cérebro. Quando ele publicou seus resultados, em 1951, foi criada uma transformação em nosso entendimento do cérebro.

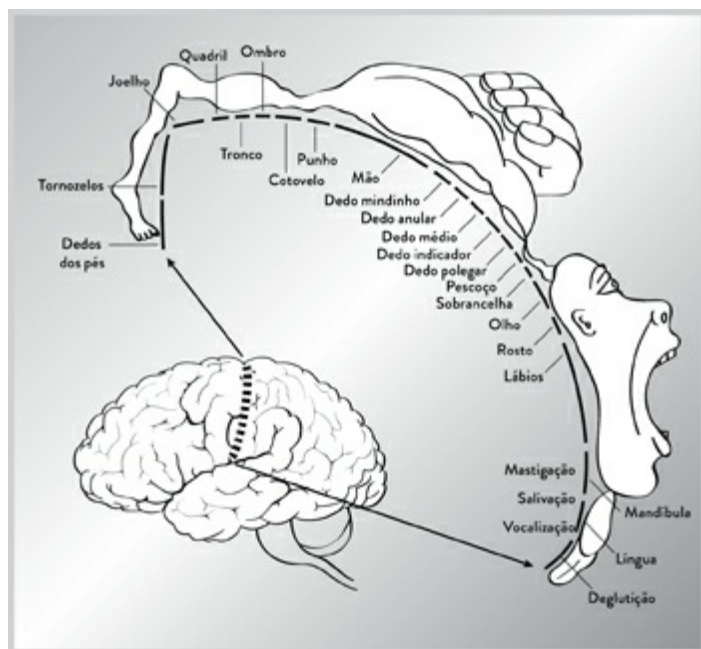


Figura 1. Mapa do córtex motor criado pelo dr. Wilder Penfield, mostrando qual região do cérebro controla qual parte do corpo.

UM MAPA DO CÉREBRO

Nos anos 1950 e 60 foi possível criar um mapa cerebral muito simples, localizando as regiões e identificando as funções de algumas delas.

Na Figura 2, vemos o neocórtex, que é a camada exterior do cérebro, dividido em quatro lobos. Essa parte é altamente desenvolvida nos humanos. Todos os lobos cerebrais são destinados a processar os sinais de nossos sentidos, exceto um: o lobo frontal, localizado atrás da testa. O córtex pré-frontal, a parte dianteira do lobo frontal, é onde quase todo o pensamento racional é processado. A

informação que você está lendo agora está sendo processada em seu córtex pré-

frontal. Uma lesão nessa área pode prejudicar sua capacidade de planejar ou de imaginar o futuro, como no caso de Phineas Gage. Nessa região é avaliada a informação que nossos sentidos enviam, e é decidida a ação seguinte.

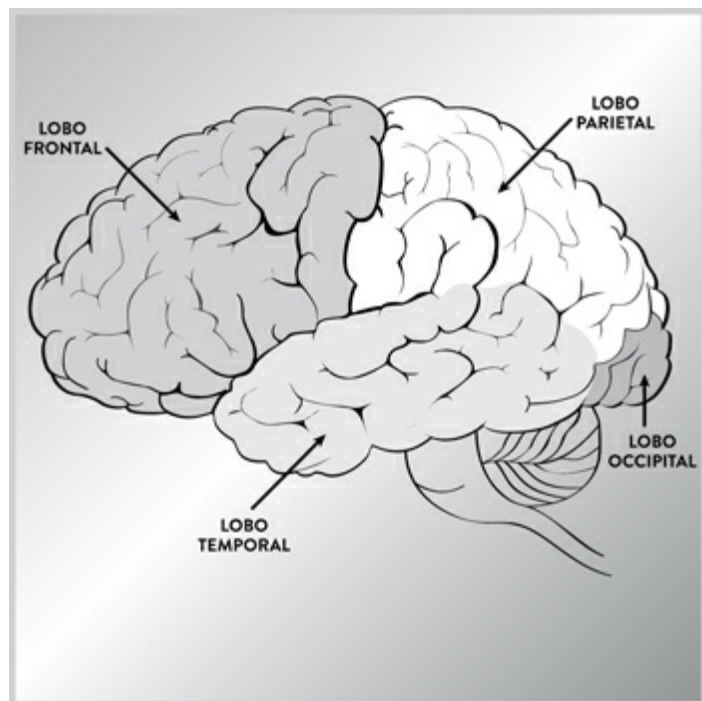


Figura 2. Os quatro lobos do neocórtex do cérebro são responsáveis

por funções diferentes, em bora relacionadas.

O lobo parietal está localizado no alto do cérebro. O hemisfério direito controla a atenção sensorial e a imagem corporal. O hemisfério esquerdo controla os movimentos hábeis e alguns aspectos da linguagem. Uma lesão nessa área pode

causar muitos problemas, tais como a dificuldade de localizar partes do próprio corpo.

O lobo occipital se situa na parte mais posterior do cérebro e processa a informação visual, enviada pelos olhos. Uma lesão nessa área pode causar cegueira e deficiências visuais.

O lobo temporal controla a linguagem (apenas o lado esquerdo), bem como o reconhecimento visual de rostos e certos sentimentos. Uma lesão nesse lobo pode deixar a pessoa incapaz de falar ou de reconhecer rostos familiares.

O CÉREBRO EM DESENVOLVIMENTO

Quando olhamos os outros órgãos do corpo, como os músculos, ossos e pulmões, vemos imediatamente que eles têm uma constituição óbvia, mas a estrutura do cérebro pode parecer um emaranhado caótico. De fato, as tentativas de mapeá-

lo foram muitas vezes chamadas de “cartografia para tolos”.

Para dar sentido à estrutura aparentemente aleatória do cérebro, em 1967 o dr.

Paul MacLean, do National Institute of Mental Health, aplicou ao cérebro a teoria da evolução proposta por Charles Darwin. Ele dividiu o cérebro em três partes.

(Desde então, outros estudos acrescentaram muitos detalhes, mas usamos esse modelo com o princípio básico de organização para explicar a estrutura geral do cérebro.) Primeiro, ele observou que as partes central e posterior, contendo o tronco encefálico, o cerebelo e os gânglios basais, são quase idênticas às do cérebro dos répteis. Conhecidas como constituintes do “cérebro reptiliano”, elas são as estruturas cerebrais mais antigas, governando as funções mais básicas, como o equilíbrio, respiração, digestão, batimentos cardíacos e pressão sanguínea.

Elas controlam também comportamentos com os que enfrentamos,

caça,

acasalam ento e territorialidade, necessários para a sobrevivência e reprodução.

O cérebro reptiliano rem onta a cerca de 500 m ilhões de anos. (Ver Figura 3.)

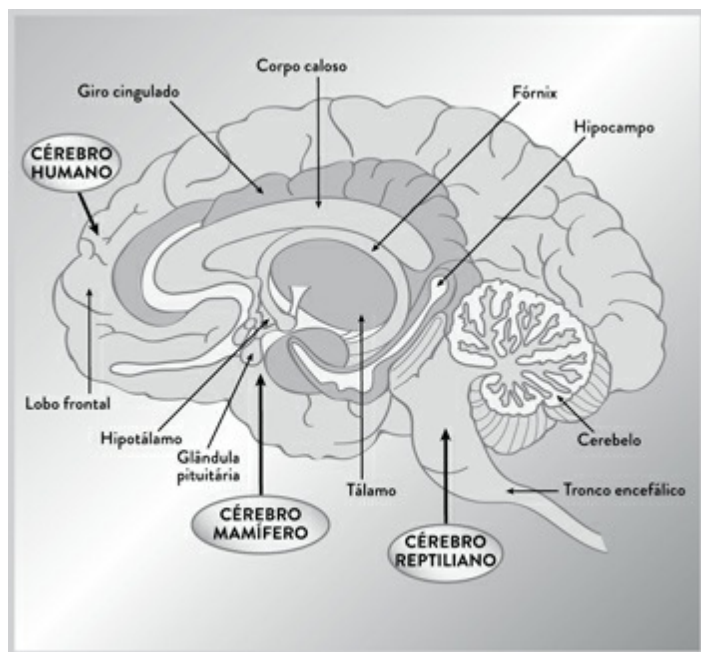


Figura 3. A história evolucionária cerebral, com o cérebro reptiliano, o sistema límbico (o cérebro dos mamíferos) e o neocórtex (o cérebro humano). De um modo geral, pode-se dizer que o caminho da evolução do nosso cérebro passou do reptiliano para o mamífero e daí para o humano.

À medida que evoluímos dos répteis para os mamíferos, o cérebro foi se tornando mais complexo, expandindo-se e criando estruturas inteiramente novas. Formou-se assim o “cérebro mamífero”, ou sistema límbico, localizado perto do centro do cérebro, rodeando partes do reptiliano. O sistema límbico é presente em

animais que vivem em grupos sociais, com os mamíferos. Também possui estruturas relacionadas com as emoções. Com a dinâmica dos grupos sociais pode ser muito complexa, o sistema límbico é essencial para identificar possíveis inimigos, aliados e rivais.

As partes do sistema límbico que controlam os comportamentos

cruciais para o convívio de animais sociais são:

O hipocampo. É o portal da memória, onde lembranças recentes são processadas para virar memória de longo prazo. O nome significa “cavalo-marinho”, devido à sua forma peculiar. Uma lesão nessa região destrói a capacidade de guardar memórias antigas. Você se torna prisioneiro do presente.

A amígdala. É o local das emoções, principalmente do medo. É lá que

as emoções são primeiro registradas e geradas. Seu nome significa “amendoa”.

O tálamo. É como uma estação de transmissão, que recolhe sinais do

tronco encefálico e os envia aos vários níveis corticais. Seu nome quer dizer “câmara interna”.

O hipotálamo. Regula a temperatura do corpo, o ritmo circadiano, a fome, a sede, e aspectos da reprodução e do prazer. Situa-se abaixo do tálamo – daí seu nome.

Por fim, temos a terceira e mais recente região do cérebro, a amígdala, o córtex cerebral, que é a camada externa do cérebro. A última estrutura cerebral a surgir da evolução é o neocórtex (que significa “casca nova”). Tal estrutura governa o comportamento cognitivo superior, sendo mais desenvolvida em humanos. Ocupa 80% da nossa massa cerebral, apesar de ser fina como um guardanapo. Nos ratos, o neocórtex é liso, mas nos humanos é cheio de circunvoluções, permitindo que uma grande superfície se acomode dentro do crânio.

Em certo sentido, o cérebro humano é como um museu, guardando resquícios dos estágios anteriores de nossa evolução ao longo de milhões de anos, expandindo para fora e para frente em tamanho e

função. (Este é tão bom o caminho, grosso modo, trilhado por uma criança recém-nascida. O cérebro do bebê se expande para fora e para frente, talvez reproduzindo os estágios de nossa evolução.)

Apesar de o neocórtex parecer simples, as aparências enganam. Ao

microscópio, podem os apreciar a complexa arquitetura do cérebro. A massa cinzenta consiste em bilhões de células minúsculas chamadas neurônios. Com o

uma gigantesca rede telefônica, eles recebem mensagens de outros neurônios por meio dos dendritos, que são como raízes brotando em uma extremidade do neurônio. Na outra extremidade há uma fibra longa, chamada axônio. O axônio conecta-se a até dez mil outros neurônios através dos dendritos. Na junção entre os dois há uma brecha minúscula, chamada sinapse. Essas sinapses agem como portões, regulando o fluxo de informações dentro do cérebro. Substâncias químicas especiais, chamadas neurotransmissores, podem entrar na sinapse e alterar o fluxo de sinais. Os neurotransmissores – como a dopamina, a serotonina e a noradrenalina – ajudam a controlar a corrente de informações que se movem entre as miríades de percursos neurais, e por isso exercem um efeito poderoso sobre nosso humor, nossas emoções, e nossos pensamentos e estado mental. (Ver Figura 4.)

Essa descrição do cérebro era a representação básica do nível de

conhecimento na década de 1980. Nos anos 1990, porém, com a introdução de novas tecnologias no campo da física, o mecanismo do pensamento passou a ser revelado com muito mais detalhes, desencadeando a explosão atual de

descobertas científicas. Um dos motores dessa revolução foi o aparelho de IRM.

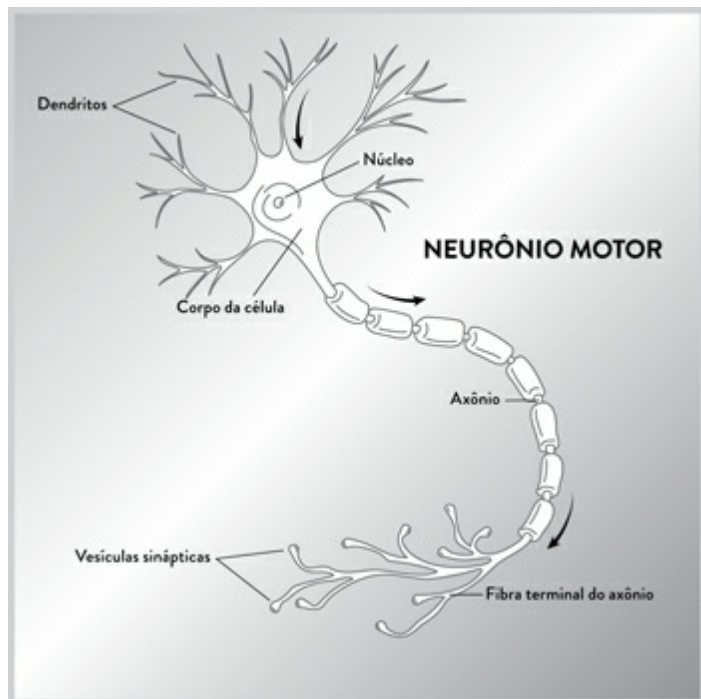


Figura 4. Diagrama de um neurônio. Sinais elétricos viajam ao longo do axônio até encontrar a sinapse. Os neurotransmissores podem regular o fluxo de sinais que passam pela sinapse.

IMAGEM POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA (IRM): UMA JANELA PARA O

CÉREBRO

Para entender as razões pelas quais essa nova e fundamental tecnologia ajudou a decodificar o cérebro pensante, é preciso retornar a alguns princípios básicos da física.

As ondas de rádio, que são um tipo de radiação eletromagnética, podem atravessar diretamente o tecido sem causar dano. Os aparelhos de IRM tiram proveito disso, permitindo que as ondas eletromagnéticas penetrem livremente no crânio. Assim, essa tecnologia tem apresentado fotografias sensacionais de algo antes considerado impossível de ser captado: o funcionamento interno do cérebro enquanto experimenta sensações e emoções. Ao observar a dança das luzes piscando no aparelho de IRM, podemos acompanhar os pensamentos se

movimentando dentro do cérebro. É como o poder ver dentro de um

relógio em funcionamento.

O primeiro aspecto que se nota num aparelho de IRM é o enorme cilindro da bobina magnética, capaz de produzir um campo magnético de 20 a 60 mil vezes maior que o da Terra. Esse ímã gigantesco é um dos principais motivos para que um aparelho de IRM pese uma tonelada, ocupe uma sala inteira e custe muitos milhões de dólares. (Os aparelhos de IRM são mais seguros que os de raios X

porque não criam íons perigosos. A tomografia computadorizada [TC], que também pode criar imagens em 3D, expõe o corpo a uma dose muito maior do que o raio X comum, e por isso tem que ser muito bem regulada. Em contraste, as máquinas de IRM são seguras quando usadas adequadamente. Um problema, porém, é o descuido de operadores. O campo magnético é forte o suficiente para arrastar instrumentos pelos ares, se o aparelho for ligado no momento errado.

Muitos já se machucaram, e houve até mortes.)

Os aparelhos de IRM funcionam assim: o paciente se deita e é inserido num cilindro contendo duas grandes bobinas, que criam o campo magnético. Quando o campo magnético é ligado, os núcleos dos átomos dentro do corpo agem como uma agulha de bússola, alinhando-se horizontalmente na direção do campo.

Então é gerado um pequeno pulso de frequência de rádio, fazendo com que alguns núcleos do corpo se virem na direção oposta. Quando os núcleos voltam à posição anterior, emitem um pulso secundário de rádio, que é então analisado pelo aparelho de IRM. A análise desses pequenos “ecos” permite reconstruir a localização e a natureza desses átomos. Com o método, que usa o som para determinar a posição dos objetos em seu campo, os ecos criados pela IRM

permitem aos cientistas recriar uma imagem extraordinária do interior do cérebro. Os computadores reconstroem a posição dos átomos, fornecendo belos diagramas em três dimensões.

Quando foi introduzida, a IRM mostrava a estrutura estática das várias regiões

cerebrais. Entretanto, em meados dos anos 1990, foi inventado um novo tipo de IRM, chamado “funcional”, ou IRMf, que detectava a presença de oxigênio no sangue do cérebro. (Para diferentes tipos de IRM, os cientistas colocam uma letra minúscula na frente, mas vamos omitir a sigla para designar todos os tipos de aparelho

IRM.) O IRM não consegue detectar diretamente o fluxo de eletricidade nos neurônios, mas como o oxigênio é necessário para fornecer energia aos neurônios, o sangue oxigenado pode rastrear indiretamente o fluxo da energia elétrica nos neurônios e mostrar como as várias regiões do cérebro interagem umas com as outras.

A varredura por IRM já invalidou definitivamente a ideia de que o pensamento está concentrado num único ponto. Em vez disso, pode-se ver a energia elétrica circulando em partes diferentes enquanto o cérebro pensa. Acompanhando o percurso dos pensamentos, a varredura por IRM lançou uma nova luz sobre a natureza dos males de Alzheimer e Parkinson, da esquizofrenia e de diversas outras doenças mentais.

A grande vantagem das máquinas de IRM é a sofisticada capacidade de

localizar partes do cérebro tão minúsculas quanto uma fração de milímetro. Uma varredura por IRM não cria somente pontos numa tela bidimensional, chamados pixels, mas também pontos no espaço tridimensional, chamados “vóxeis”, produzindo um conjunto luminoso de dezenas de milhares de pontos coloridos em 3D, no formato de um cérebro.

Como cada elemento químico responde a frequências de rádio diferentes, pode-se alterar a frequência do pulso de rádio e assim identificar diversos elementos do corpo. Como foi dito, aparelhos de IRM concentram-se nos átomos de oxigênio contidos no sangue a fim de medir o fluxo sanguíneo, mas os aparelhos de IRM podem também ser sintonizados para identificar outros átomos.

Apenas na última década foi introduzida uma nova forma de IRM chamada de

“imagem de tensor de difusão” (ITD), que detecta o fluxo de água no cérebro.

Como a água segue os caminhos neurais, o aparelho de ITD produz belas figuras, que parecem trepadeiras entrelaçadas crescendo num jardim. Assim os cientistas podem determinar instantaneamente como certas partes do cérebro estão ligadas a outras.

Entretanto, a tecnologia de IRM tem algumas desvantagens. Embora tenha uma qualidade incomparável em termos de resolução espacial, sendo capaz de mostrar vóxeis do tamanho de uma cabeça de alfinete em três dimensões, não é tão boa em resolução temporal.

Leva quase um segundo inteiro para seguir o percurso do sangue no cérebro, o que pode parecer muito pouco, mas os sinais elétricos viajam pelo cérebro quase instantaneamente e, portanto, a IRM pode perder alguns dos detalhes mais complexos dos padrões de pensamento.

Outra dificuldade é o preço, que chega a milhões de dólares, de modo que os médicos precisam compartilhar o aparelho. Mas, assim como muitas tecnologias

e seus aprimoramentos, ao longo do tempo o preço deve baixar.

O custo exorbitante não deteve a busca por aplicações comerciais. Uma ideia é usar a IRM com o detector de mentiras, pois, segundo alguns estudos, pode identificar mentiras com 95%, ou mais, de certeza. O nível de certeza ainda é controverso, mas a ideia básica é que, quando alguém mente, tem que simultaneamente saber a verdade, inventar a mentira e analisar rapidamente a coerência da mentira com os fatos conhecidos. Atualmente, algumas empresas afirmam que a tecnologia de IRM mostra que os lobos pré-frontal e parietal se iluminam quando alguém conta uma mentira. Mais especificamente, é ativado o

“córtex orbitofrontal” (que, entre outras funções, serve com o “verificador de fatos” para nos avisar quando algo está errado). Essa área se localiza logo atrás das órbitas dos olhos, daí seu nome. Diz a teoria que o córtex orbitofrontal entende a diferença entre verdade e mentira, ficando hiperativo quando detecta uma mentira. (Outras áreas do cérebro também acendem quando alguém conta uma mentira, com os córtices pré-frontal superior medial e inferolateral, relacionados com a cognição.)

Várias empresas já estão oferecendo aparelhos de IRM com os detectores de mentiras, que podem ser utilizados em casos judiciais. Mas é importante observar que as varreduras por IRM só indicam aumento de atividade cerebral em certas áreas. Enquanto exames de DNA podem mostrar com precisão uma parte em 10 bilhões ou mais, na varredura por IRM isso não acontece, porque é preciso ativar várias áreas do cérebro para se inventar uma mentira, e essas mesmas áreas são responsáveis também pelo processamento de outros tipos de pensamento.



Figura 5. Na primeira figura, vemos uma imagem fornecida por um aparelho de IRM funcional mostrando regiões de alta atividade mental. Na segunda, vemos a imagem típica em forma de flor, criada por um aparelho de IRM de difusão, capaz de acompanhar os

percursos neurais e as conexões cerebrais.

VARREDURA POR ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)

Outra ferramenta que investiga o cérebro a fundo é o EEG, o

eletroencefalograma. O EEG foi introduzido há muito tempo, em 1924, mas só recentemente foi possível em pregar com putadores para dar sentido a todos os dados fornecidos por eletrodo.

Para usar o aparelho de EEG, em geral o paciente coloca um capacete de aparência futurista com vários eletrodos na superfície. (Versões mais avançadas colocam na cabeça do paciente um a redinha contendo um a série de pequenos eletrodos.) Esses eletrodos detectam os pequenos sinais elétricos que circulam no cérebro.

Uma varredura por EEG difere de uma por IRM em vários aspectos cruciais.

Com o uso, a varredura por IRM emite pulsos de rádio no cérebro e depois analisa os “ecos” que retornam. Isso significa que é possível variar o pulso de rádio a fim de selecionar diferentes átomos para análise, tornando o aparelho muito versátil. O aparelho de EEG, porém, é estritamente passivo, isto é, ele analisa os pequenos sinais eletromagnéticos que o cérebro emite naturalmente. O

EEG é excelente para registrar os vastos sinais eletromagnéticos que irrompem em todo o cérebro, o que permite aos cientistas medir a capacidade geral do cérebro quando dorme, quando se concentra, relaxa, sonha etc. Diferentes estados de consciência vibram em diferentes frequências. Por exemplo: o sono profundo corresponde a ondas delta, que vibram de 0,1 a 4 ciclos por segundo.

Estados mentais ativos, com uma resolução de problemas, correspondem a ondas beta, vibrando de 12 a 30 ciclos por segundo. Essas vibrações permitem que várias áreas do cérebro compartilhem informações e se comunique umas com as outras, mesmo estando localizadas em lados opostos. Além disso, enquanto o fluxo de sangue por IRM só pode ser medido algumas vezes por segundo, o EEG

mede a atividade elétrica instantaneamente.

As maiores vantagens do EEG, porém, são a conveniência e o custo. Até alunos do ensino médio fizeram experimentos em suas casas com sensores de EEG colocados na cabeça.

Entretanto, a grande desvantagem do EEG, que im pediu seu desenvolvim ento durante décadas, é a grande deficiência em term os de resolução espacial. O

EEG capta sinais elétricos que j á foram difundidos depois de passar pelo crânio, tornando difícil detectar atividades anorm ais originadas nas profundezas do cérebro. Observando a produção dos confusos sinais do EEG, é quase im possível dizer com certeza em qual parte do cérebro eles foram criados. Além disso, m ovim entos lentos, com o m exer um dedo, podem distorcer o sinal, às vezes tornando o procedim ento inútil.

VARREDURAS POR TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE PÓSITRONS (TEP)

Outro instrum ento do m undo da física é a tom ografia por em issão de pósitrons (TEP), que calcula o fluxo de energia no cérebro localizando a presença de glicose, a m olécula de açúcar que alim enta as células. Assim com o a câm ara de

nuvens que fiz quando estudante, a varredura por TEP utiliza partículas subatôm icas em itidas pelo sódio-22 dentro da glicose. Para dar início à varredura por TEP, inj eta-se no paciente um a solução especial contendo um açúcar levem ente radioativo. Os átom os de sódio dentro das m oléculas de açúcar são substituídos por átom os de sódio-22 radioativo. Cada vez que um átom o de sódio decai, em ite um elétron positivo, ou pósitron, que é facilm ente detectado pelos sensores. Acom panhando o percurso dos átom os de sódio radioativo no açúcar, é possível traçar o fluxo de energia dentro do cérebro vivo.

Em vários aspectos, a varredura por TEP consegue os m esm os benefícios que a por ressonância m agnética, m as não tem a resolução espacial detalhada de um a foto de IRM. Contudo, em vez de m edir o fluxo do sangue, que é apenas um indicador indireto do consum o de energia no corpo, a varredura por TEP m ede o consum o de energia, portanto está m ais ligada à atividade neural.

Mas há outra desvantagem . Ao contrário da IRM e do EEG, a varredura por TEP é levem ente radioativa, e desse m odo os pacientes não podem ser

subm etidos a ela de form a contínua. Em geral, a varredura por TEP não pode ser aplicada a um a pessoa m ais que um a vez por ano, devido aos riscos da radiação.

MAGNETISMO NO CÉREBRO

Na última década, vários novos aparelhos de alta tecnologia passaram a ser utilizados por cientistas, inclusive a varredura eletromagnética transcraniana (EMT), a magnetoencefalografia (MEG), a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS, da sigla em inglês para *near-infrared spectroscopy*) e a optogenética, entre outros.

O magnetismo tem sido usado para desligar, de forma sistemática, partes específicas do cérebro sem a necessidade de abri-lo. A física básica por trás desses novos instrumentos é que um campo elétrico de rápida variação pode criar um campo magnético e vice-versa. A MEG mede passivamente os campos magnéticos produzidos pelas variações dos campos elétricos do cérebro. Esses campos magnéticos são fracos e extremamente pequenos, apenas um

bilionésimo do campo magnético da Terra. Assim como o EEG, a MEG é muito boa na resolução temporal, chegando a um milésimo de segundo. Sua resolução espacial, porém, é de apenas um centímetro cúbico.

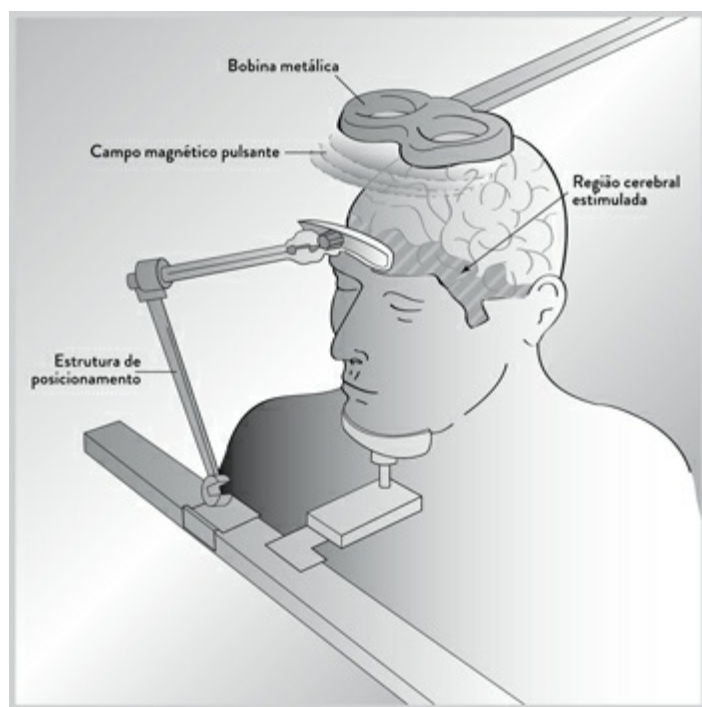


Figura 6. Vem o aparelho de EMT e o magnetoencefalógrafo, que utiliza o magnetismo, em vez de ondas de rádio, para penetrar no crânio e determinar a natureza dos pensamentos no interior do cérebro. O magnetismo pode silenciar temporariamente partes do cérebro, permitindo aos cientistas determinar com segurança o

desempenho dessas regiões, sem depender de vítimas de derrames.

Ao contrário da medicação passiva da MEG, a EMT gera um grande pulso de eletricidade, que cria um surto de energia magnética. O aparelho de EMT é colocado próximo ao cérebro, de modo que o pulso magnético penetra no crânio e cria outro pulso elétrico no interior do cérebro. Esse pulso elétrico secundário, por sua vez, é suficiente para desligar ou amortecer a atividade das áreas cerebrais selecionadas.

Historicamente, os cientistas dependiam da ocorrência de derrames ou tumores para silenciar certas partes do cérebro, e então determinar o que elas faziam. Com a EMT podem-se desligar ou amortecer partes do cérebro, em segurança, conforme a necessidade. Aplicando energia magnética num

determinado local do cérebro, é possível definir sua respectiva função por meio da simples observação de mudanças de comportamento do paciente. (Por exemplo: aplicando pulsos magnéticos no lobo temporal esquerdo, observa-se que a capacidade de falar é comprometida.)

Uma possível desvantagem da EMT é que esses campos magnéticos não

penetram muito fundo no interior do cérebro (porque os campos magnéticos diminuem muito mais rapidamente do que a usual lei do inverso do quadrado da distância, para a eletricidade). A EMT é muito útil para desligar partes do cérebro perto do crânio, mas o campo magnético não atinge centros importantes em locais mais profundos, como o sistema límbico. Contudo, as futuras gerações de aparelhos de EMT podem vir a superar esse problema aumentando a intensidade e a precisão do campo magnético.

ESTIMULAÇÃO CEREBRAL PROFUNDA

Outra ferramenta que tem sido vital para os neurologistas é a estimulação cerebral profunda (ECP). As sondagens inicialmente realizadas pelo dr. Penfield eram relativamente toscas. Hoje os eletrodos podem ser finos como fios de cabelos e atingir áreas específicas no interior mais profundo do cérebro. A ECP

não só permite localizar a função de várias partes do cérebro, como também pode ser usada para tratar distúrbios mentais. A ECP já provou o seu valor no tratamento da doença de Parkinson, em que certas regiões cerebrais ficam hiperativas e costumam gerar um trem

or incontrolável das mães.

Mais recentemente, esses eletrodos tiveram com o alvo uma nova área

cerebral (chamada área de Brodmann número 25), que costumava ficar ativa também em pacientes deprimidos que não reagem nem a psicoterapias nem a medicações. A estimulação cerebral profunda tem dado um alívio miraculoso, após décadas de tormento e agonia, a pacientes que sofrem de depressão há muitos anos.

A cada ano são encontradas novas finalidades para a estimulação cerebral profunda. De fato, praticamente todas as principais doenças do cérebro têm sido reexaminadas à luz dessa e de outras novas tecnologias de varredura cerebral.

Isso promete ser um novo campo importante para o diagnóstico, e até para o tratamento das doenças.

OPTOGENÉTICA – ILUMINANDO O CÉREBRO

Talvez o mais novo e animador recurso dos neurologistas seja a optogenética, antes considerada ficção científica. Com o uso de uma varinha mágica, emitindo um fecho de luz no cérebro, permite ativar certos campos que controlam o comportamento.

Inacreditavelmente, é possível inserir, com precisão cirúrgica, um gene sensível à luz diretamente num neurônio. Então, acendendo-se uma luz, o neurônio é ativado. O mais importante é que os cientistas conseguem acessar esses percursos, podendo ligar e desligar certos comportamentos por meio de um interruptor.

Apesar de ter apenas uma década, a tecnologia da optogenética já se mostrou eficaz no controle de certos comportamentos de animais. Acionando um interruptor de luz, é possível fazer moscas de fruta saírem voando, minhocas pararem de se contorcer e camundongos correrem loucamente em círculos.

Foram iniciados experimentos com macacos, e já estão em discussão experimentos com humanos. Há grande esperança de que essa tecnologia tenha uma aplicação direta no tratamento de distúrbios como o Parkinson e depressão.

O CÉREBRO TRANSPARENTE

Outra descoberta espetacular torna o cérebro totalmente

transparente, de modo que os camínhos neurais podem ser vistos a olho nu. Em 2013, cientistas da Universidade de Stanford anunciaram que conseguiram tornar transparente o cérebro inteiro de um camundongo, e também partes de um cérebro humano. O

anúncio foi tão espantoso que ganhou a primeira página do *New York Times*, com o manchete “Cérebro transparente com o gelatina para a investigação científica”.

No nível celular, as células vistas individualmente são transparentes, com exposição total de todos os seus componentes microscópicos. Porém, quando bilhões de células se unem para formar órgãos com o cérebro, os lipídios agregados (gorduras, óleos, ceras e substâncias químicas não solúveis em água)

tornam o órgão opaco. A chave da nova técnica é remover os lipídios, mas deixar os neurônios intactos. Os cientistas de Stanford fizeram isso colocando o cérebro em hidrogel (uma substância com o gel, com uma principal componente de água), que se liga a todas as moléculas, exceto aos lipídios. Colocando o cérebro numa solução saponácea, com um campo elétrico, os lipídios se integram à substância, que quando é descartada deixa o cérebro transparente. A adição de corantes torna visíveis os camínhos neurais. Isso possibilita identificar e mapear os diversos camínhos neurais do cérebro.

Tornar um tecido transparente não é novidade, mas conseguir as condições necessárias para deixar o cérebro inteiro transparente exigiu muita criatividade.

“Queimamos e derretimos mais de cem cérebros”, confessa o dr. Kwanghun Chung, um dos principais cientistas por trás do estudo. A nova técnica, chamada *Clarity*, pode ser aplicada também a outros órgãos (até órgãos preservados durante anos em substâncias químicas com o mesmo fim). Ele já criou fígados, pulmões e corações transparentes. Essa nova técnica tem aplicações admiráveis em toda a medicina.

Mas, principalmente, irá acelerar a localização de camínhos neurais no cérebro, que é o foco de intensas pesquisas e financiamentos.

QUATRO FORÇAS FUNDAMENTAIS

O sucesso dessa primeira geração de varreduras cerebrais é espetacular. Antes de sua introdução, apenas cerca de trinta regiões cerebrais eram conhecidas com alguma certeza. Hoje, o aparelho de IRM sozinho consegue identificar de duzentas a trezentas regiões, abrindo fronteiras inteiramente novas para a ciência do cérebro. Em

vista de tantas novas tecnologias de varredura introduzidas pela física apenas nos últimos quinze anos, cabe perguntar: Haverá mais? A resposta é sim, mas serão variações e refinamentos das anteriores, e não tecnologias radicalmente novas. Isso porque só existem quatro forças fundamentais –

gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte – que regem o universo. (Os físicos vêm tentando encontrar evidências de uma quinta força, mas até o momento essas tentativas fracassaram.)

A força eletromagnética, que ilumina as cidades e representa a energia da eletricidade e do magnetismo, é a fonte de quase todas as novas tecnologias de varredura (à exceção da TEP, que é regida pela força nuclear fraca). Uma vez que os físicos têm mais de 150 anos de experiência no uso da força

eletromagnética, não há mistério em criar novos campos elétricos e magnéticos, portanto, qualquer nova tecnologia de varredura cerebral será muito

provavelmente uma modificação das tecnologias existentes, e não algo inteiramente novo. Assim como ocorre com muitas tecnologias, o tamanho e o

custo dos aparelhos irão diminuir, aumentando significativamente a utilização dessas sofisticadas máquinas. Os físicos já estão fazendo os cálculos necessários para fazer um aparelho de IRM caber num telefone celular. Ao mesmo tempo, o principal desafio para as varreduras cerebrais é a resolução, tanto espacial como temporal. A resolução espacial da IRM irá aumentar na medida em que o campo magnético se torne mais uniforme e que os componentes eletrônicos fiquem mais sensíveis. Atualmente, a IRM só vê pontos ou voxels dentro de uma fração de milímetro. Mas cada ponto pode conter centenas de milhares de neurônios. As novas tecnologias de varredura devem reduzir ainda mais esse espaço. O santo graal dessa abordagem será criar um aparelho do tipo IRM que possa identificar cada neurônio e suas conexões.

A resolução temporal de aparelhos de IRM é limitada também porque eles analisam o fluxo do sangue oxigenado no cérebro. O aparelho propriamente dito tem uma resolução temporal muito boa, mas rastrear o fluxo do sangue diminui sua velocidade. No futuro, outros aparelhos de IRM serão capazes de localizar diferentes substâncias mais diretamente ligadas à ativação dos neurônios, permitindo

itando assim um a análise em tem po real dos processos m entais. Por m ais espetaculares que tenham sido os progressos nos últim os quinze anos, eles são apenas um a m ostra do futuro.

NOVOS MODELOS DO CÉREBRO

Historicam ente, a cada descoberta científica surge um novo m odelo do cérebro.

Um dos m ais antigos é o do “hom únculo”, um hom enzinho que vivia dentro do cérebro e tom ava todas as decisões. Essa im agem não era m uito útil, porque não dizia o que se passava no cérebro do hom únculo. Talvez houvesse um hom únculo oculto dentro do hom únculo.

A introdução de aparelhos m ecânicos sim ples trouxe outro m odelo do cérebro: o de um a m áquina, com o um relógio, com rodinhas e engrenagens. Essa analogia foi útil para cientistas e inventores com o Leonardo da Vinci, que até proj etou um hom em m ecânico.

No final dos anos 1800, quando o vapor esculpia novos im périos, surgiu outra analogia, a da m áquina a vapor, com fluxos de energia com petindo entre si. Os historiadores acreditavam que o m odelo hidráulico tinha afetado a im agem que Sigm und Freud fazia do cérebro, onde havia um a luta contínua entre três forças: o ego (representando o eu e o pensam ento racional), o id (representando os desej os reprim idos) e o superego (representando a nossa consciência). Nesse m odelo, se houvesse m uita pressão devido a um conflito entre os três, poderia haver um a regressão ou um colapso geral de todo o sistem a. Esse m odelo era

engenhoso, m as, com o o próprio Freud adm itiu, requeria estudos detalhados do cérebro em nível neuronal, o que levaria outro século.

No início do século XX, com a ascensão do telefone, apareceu outra analogia: a de um a m esa telefônica gigantesca. O cérebro seria um a m alha de linhas telefônicas conectadas a um a vasta rede. A consciência seria um a longa fileira de telefonistas em frente a um grande painel de interruptores, continuam ente ligando e desligando fios. Infelizm ente, esse m odelo nada dizia sobre com o as m ensagens eram ligadas entre si para form ar o cérebro.

Com a invenção do transistor, um outro m odelo entrou em voga: o com putador.

As velhas centrais de com utação foram substituídas por m icrochips

contendo centenas de milhões de transistores. Talvez a “mente” fosse apenas um programa de software rodando em “wetware” (isto é, tecido cerebral em vez de transistores). Esse modelo permanece até hoje, mas tem limitações. O modelo transistor não explica como o cérebro efetua com putações que exigiriam um computador do tamanho da cidade de Nova York. E o cérebro não tem

programa, nem sistema operacional Windows, nem chip Pentium. (Além disso, um microcomputador com chip Pentium é extremamente rápido, mas tem um problema. Todos os cálculos passam por esse único processador. O cérebro é o oposto. A ativação de cada neurônio é relativamente lenta, mas isso é amplamente compensado por existirem 100 bilhões de neurônios processando dados simultaneamente. Portanto, um processador paralelo lento pode superar um único processador muito mais rápido.)

A analogia mais recente é com a internet, que une bilhões de computadores.

Nessa imagem, a consciência é um fenômeno “emergente”, surgindo a partir da ação coletiva de bilhões de neurônios. (O problema dessa imagem é que não diz absolutamente nada sobre como ocorre esse processo.)

Varre toda a complexidade do cérebro para baixo do tapete da teoria do caos.) Sem dúvida, todas essas analogias têm alguma verdade, mas nenhuma delas captura realmente a complexidade do cérebro. Entretanto, uma analogia que achei útil (embora também bem imperfeita) é a de uma grande corporação. Nessa analogia há uma imensa burocracia e níveis de autoridade, com vastos fluxos de informação canalizados em setores diferentes. Mas as informações importantes acabam chegando ao diretor-geral, no centro de comando. Ali são tomadas as decisões finais.

Se a analogia com uma grande corporação for válida, deve conseguir explicar certos traços peculiares do cérebro:

A maior parte das informações é “subconsciente”. Isto é, o diretor-geral não conhece todas as informações implícitas e complexas que

fluem continuamente pela burocracia. De fato, apenas uma

quantidade mínima de informações chega à mesa do diretor, que

pode ser com parado ao córtex pré-frontal. O diretor só precisa das informações importantes, que chamam a sua atenção; caso contrário, ele ficaria paralisado no meio de uma avalanche de informações irrelevantes.

Essa situação é provavelmente subproduto da evolução, pois nossos ancestrais talvez fossem sobrecarregados com informações supérfluas, subconscientes, inundando o cérebro quando confrontados com uma emergência. Felizmente, não temos consciência dos trilhões de cálculos sendo processados em nosso cérebro. Ao encontrar um tigre na floresta, não precisamos nos preocupar com o estado do nosso estômago, dedos do pé, cabelos *etc.* Só precisamos saber correr.

“Emoções” são decisões rápidas tomadas de forma independente num nível inferior. Dado que o pensamento racional toma muitos segundos, geralmente é impossível reagir de forma racional a uma emergência. Portanto, as regiões inferiores do cérebro precisam avaliar rapidamente a situação e optar por uma decisão, uma ação, sem autorização de cima.

Assim, as emoções (medo, raiva, horror *etc.*) são sinais instantâneos de alerta emitidos por um nível inferior, gerados pela evolução, para avisar o centro de comando sobre situações possivelmente graves ou perigosas. Temos pouco controle consciente sobre as emoções. Por exemplo: por mais que ensaiemos uma palestra para um grande público, ainda assim ficamos nervosos.

Rita Carter, autora de *O livro de ouro da mente*, escreve que “as em

oções não são sentimentos, e sim um conjunto de mecanismos de sobrevivência enraizados no corpo que evoluíram para nos livrar do perigo e nos impulsionar em direção a coisas que possam nos beneficiar”.

Há um constante clamor pela atenção do diretor-geral. Não é um só homúnculo, CPU ou chip de Pentium que toma as decisões. Pelo contrário, os vários subcentros sob o comando central estão em constante comunicação entre si, lutando pela atenção do diretor. Assim, não há uma continuidade equilibrada de pensamento, mas uma cacofonia de vários ciclos de feedback com petições uns com os outros. O conceito do “eu” como um todo unificado, sem prever todas as decisões, é uma ilusão criada pela nossa própria mente subconsciente.

Costumamos achar que nossa mente é uma entidade única, processando informações de forma contínua e tranquila, totalmente encarregada das decisões. Mas as imagens que aparecem nas varreduras cerebrais divergem dessa percepção.

Marvin Minsky, professor do MIT e um dos pais da inteligência artificial, disse-me que a mente é mais parecida com uma “sociedade de mentes”, com diversos submódulos, cada um tentando competir com os outros.

Quando entrevistei Steven Pinker, psicólogo da Universidade de Harvard, perguntei como a consciência emerge dessa confusão. Ele disse que a consciência é como um tema pestado assolando o cérebro. Ele elaborou essa imagem quando escreveu que “o

sentim ento intuitivo que tem os de que existe um ‘eu’ diretor instalado num a sala de controle no cérebro, exam inando as telas dos sentidos e

apertando os botões dos m úsculos, é um a ilusão. A consciência consiste em um turbilhão de eventos distribuídos pelo cérebro. Esses eventos com petem por atenção, e quando um processo grita m ais alto que os outros, o cérebro racionaliza o resultado e gera a im pressão de que um único eu estava na chefia o tem po todo”.

As decisões finais são tomadas pelo diretor-geral no centro de

comando. Um a das funções da burocracia é com pilar e organizar as inform ações para o diretor-geral, que se reúne apenas com os

gerentes de cada setor. O diretor tenta m ediar todas as inform ações

conflitantes despej adas no centro de com ando. Aqui term ina a

confusão. O diretor, situado no córtex pré-frontal, tem que tom ar a

decisão final. Enquanto nos anim ais m uitas decisões são tom adas por

instinto, os hum anos tom am decisões de um a form a m ais sofisticada, após analisar diferentes conj untos de inform ação dados pelos

sentidos.

Os fluxos de informação são hierárquicos. Devido ao volum e de

inform ações, que devem subir para a sala do diretor, ou descer para

a equipe de apoio, é preciso organizá-las em com plexas m atrizes de

redes interligadas, com várias ram ificações. Pense num pinheiro,

com o centro de com ando no alto e a pirâm ide de ram os voltados

para baixo, desm em brando-se em vários subcentros.

Certam ente, há diferenças entre um a burocracia e a estrutura do

pensam ento. A prim eira norm a de qualquer burocracia é que “se expande para preencher o espaço a ela destinado”. Entretanto, gastar energia é um luxo ao qual o cérebro não pode se dar. O cérebro consome apenas cerca de vinte watts de potência (a potência de um lâmpada muito fraca), mas é provavelmente o máximo de energia que pode consumir sem que o corpo pare de funcionar. Se o cérebro gerar mais calor, vai danificar os tecidos. Por isso, o cérebro pega atalhos continuamente para conservar energia. Veremos neste livro os dispositivos inteligentes e engenhosos, criados pela evolução, sem nosso conhecimento, para economizar.

A “REALIDADE” É MESMO REAL?

Todo mundo conhece a expressão “ver para crer”. Mas muito do que vemos é na verdade uma ilusão. Por exemplo: quando vemos uma típica paisagem bucólica, parece uma linda cena de cinema. Na realidade, existe uma lacuna, um furo, no nosso campo de visão, que corresponde à localização do nervo óptico na retina.

Deveríamos enxergar esse ponto negro grande e feio em tudo o que vemos. No entanto, nosso cérebro preenche o buraco, revestindo-o, tirando uma média. Isso significa que parte da nossa visão é falsa, gerada pela mente subconsciente para nos enganar.

E também só enxergamos com clareza o centro do nosso campo de visão, chamado de fóvea. A parte periférica é embaçada para economizar energia.

Mas a fóvea é muito pequena. Para captar a maior quantidade de informação com a minúscula fóvea, os olhos sempre movem o tem po todo. Esse movimento de nossos olhos, rápido e inquieto, é chamado de sacada ou movimento sacádico. É

produzido no subconsciente, dando-nos a falsa impressão de que nosso campo de visão é claro e bem focado.

Quando menino, a primeira vez que vi um diagrama do espectro eletromagnético, fiquei chocado. Eu não tinha a menor ideia de que

grande parte de tal espectro (por exemplo, luz infravermelha e ultravioleta, raios X, raios gama) era totalmente invisível para nós. Com isso percebemos que o que estava vindo com nossos próprios olhos era apenas uma aproximação minúscula e grosseira da realidade. (Segundo um velho ditado, “Se aparência fosse o mesmo que essência, não precisariam os da ciência”.) Tem os sensores na retina que só conseguem detectar vermelho, verde e azul. Isso significa que nunca vimos o mundo como o amarelo, o marrom, o laranja, e uma série de outras cores. Essas cores existem de fato, mas ao nosso cérebro só consegue fazer uma aproximação de cada uma delas, misturando diferentes quantidades de vermelho, verde e azul.

(É possível constatar isso olhando muito atentamente para uma tela de TV em cores antiga. Vemos apenas um monte de pontinhos vermelhos, verdes e azuis. A TV em cores é de fato uma ilusão.)

Nossos olhos enganam também nos levando a pensar que podemos ver a profundidade. As retinas dos olhos são bidimensionais, mas assim como temos os dois olhos separados por alguns centímetros, os cérebros direito e esquerdo fundem as duas imagens, dando-nos a falsa sensação de uma terceira dimensão. Para objetos mais distantes, podemos julgar quão distante está o objeto observando seu movimento conforme movemos a cabeça. Isso se chama paralaxe.

Essa paralaxe explica o fato de crianças acharem que “a lua está seguindo”.

Como o cérebro tem dificuldade em compreender a paralaxe de um objeto tão distante quanto a Lua, parece que a Lua está sempre a uma distância fixa “atrás”

de nós, mas é apenas uma ilusão causada pelo cérebro tomando um atalho.

O PARADOXO DO CÉREBRO DIVIDIDO

Uma diferença entre essa imagem – baseada na hierarquia corporativa de uma empresa – e a verdadeira estrutura do cérebro pode ser observada no caso curioso de pacientes com cérebro dividido. Um traço incomum do cérebro é que ele tem duas metades, ou hemisférios, o direito e o esquerdo, praticamente idênticos. Durante muito tempo os cientistas se perguntaram por que o cérebro tem essa redundância desnecessária, pois consegue funcionar mesmo quando um hemisfério é totalmente removido. Nenhum a hierarquia

corporativa apresenta essa estranha característica. Além disso, se cada hemisfério tem consciência, isso significa que tem os dois centros de consciência dentro do mesmo o crânio?

O dr. Roger W. Sperry, do California Institute of Technology, ganhou o Prêmio Nobel em 1981 ao mostrar que os dois hemisférios cerebrais não são cópias exatas um do outro, e de fato desempenham funções diferentes. Essa descoberta causou furor na neurologia (e gerou uma indústria duvidosa de livros de autoajuda que pregam a aplicação da dicotomia cérebro-esquerdo/cérebro-direito na vida diária.)

O dr. Sperry estava tratando de epiléticos, que às vezes sofrem de convulsões do tipo “grande mal” provocadas pelo descontrole do processo contínuo de realimentação (ou ciclos de feedback) entre os dois hemisférios do cérebro. Tais convulsões – causadas pelo mesmo o processo que gera o som estridente da microfonia – podem até matar. O dr. Sperry começou por cortar o corpo caloso, que liga os dois hemisférios do cérebro, de modo que não mais se

comunicassem, e assim não poderiam compartilhar informações entre os lados direito e esquerdo do corpo. Isso geralmente fazia parar o processo de realimentação e as convulsões.

À princípio, os pacientes com cérebro dividido pareciam perfeitamente normais. Continuavam alertas e mantinham uma conversa naturalmente, com o

se nada tivesse acontecido. Porém, uma análise mais minuciosa desses indivíduos mostrou que havia algo muito diferente neles.

Normalmente, os hemisférios se complementam, com os pensamentos indo e vindo de um para o outro. O cérebro esquerdo é mais analítico e lógico. É onde se encontram as habilidades verbais, ao passo que o direito é mais holístico e artístico. Mas o cérebro esquerdo é dominante, é o que toma as decisões finais.

Os comatados passam do cérebro esquerdo para o direito por meio do corpo caloso. Se essa conexão é cortada, o cérebro direito fica livre da ditadura do esquerdo. Talvez o cérebro direito tenha vontade própria, contrariando os desejos do esquerdo dominante.

Resumindo, pode haver duas vontades agindo dentro do mesmo o crânio, às vezes brigando pelo controle do corpo. Isso cria a estranha situação em que a mão esquerda (controlada pelo hemisfério direito) comete a agir de forma independente de nossos desejos, como se fosse um apêndice externo.

Há um caso documentado de um homem em que estava a ponto de abraçar sua esposa com um a das mãos, quando descobriu que a outra mão tinha uma intenção diferente: dar um soco no rosto dela. Um mulher relatou que estava pegando um vestido com uma das mãos enquanto a outra mão pegava uma roupa totalmente diferente. E um homem não conseguia dormir à noite com medo de que a mão rebelde fosse estrangulá-lo.

Às vezes, pessoas com cérebro dividido pensam que estão vivendo em um desenho animado, com uma das mãos tentando controlar a outra. Alguns médicos chamam isso de “síndrome do dr. Fantástico” [dr. Strangelove], por causa da cena do filme em que uma das mãos do doutor luta contra a outra.

Após estudos detalhados de pacientes com cérebro dividido, o dr. Sperry concluiu que poderia haver duas mentes distintas operando num único cérebro.

Ele escreveu que cada hemisfério é “de fato um sistema consciente em si mesmo, capaz de perceber, pensar, lembrar, raciocinar, querer, se emocionar, tudo isso num nível caracteristicamente humano, e (...) os dois hemisférios podem estar passando por experiências mentais diferentes, e até conflitantes, ao mesmo tempo”.

Quando entrevistei o dr. Michael Gazzaniga, da Universidade da Califórnia em Santa Bárbara, uma autoridade em pacientes de cérebro dividido, perguntei como podem ser feitos experimentos para testar essa teoria. Há várias formas de comunicação com cada hemisfério sem o conhecimento do outro. Pode-se, por exemplo, colocar no sujeito óculos especiais em que aparecem perguntas diferentes diante de cada olho, de modo que é fácil direcionar perguntas a cada hemisfério separadamente. O difícil é tentar obter uma resposta de cada hemisfério. Com o cérebro direito não consegue falar (os centros da fala estão situados no lado esquerdo) é difícil obter suas respostas. Dr. Gazzaniga me disse que, para descobrir o que o cérebro direito estava pensando, ele criou um

experimento em que esse hemisfério (mesmo) conseguia “falar” usando peças com letras, com o julgamento de palavras cruzadas.

Ele começou perguntando ao cérebro esquerdo do paciente o que ele iria fazer depois que se formasse. O paciente respondeu que queria ser projetista. Tudo ficou mais interessante quando a mesma pergunta foi feita ao cérebro direito (mesmo), que soletrou as palavras “piloto de carro de corrida”. Sem o

conhecim ento do cérebro esquerdo dom inante, o cérebro direito tinha planos totalm ente diferentes para o futuro. O cérebro direito tinha, literalm ente, um a m ente própria.

Rita Carter escreve: “As im plicações possíveis nos deixam aturdidos. Sugerem que todos nós podem os estar carregando por aí um prisioneiro m udo dentro do crânio, com um a personalidade, am bições e consciência de si m uito diferentes das que acreditam os ter no cotidiano.”

Talvez haj a verdade na afirm ação de que “dentro dele existe alguém ansiando por ser livre”. Isso significa que os dois hem isférios podem ter crenças diferentes. Por exem plo: o neurologista V. S. Ram anchandran descreve um paciente de cérebro dividido que, ao ser perguntado se era religioso, disse que era ateu, m as o cérebro direito declarou o contrário. Pelo visto, é possível ter duas posições religiosas opostas residindo no m esm o cérebro. Ram anchandran prossegue: “O que acontece quando essa pessoa m orre? Um hem isfério vai para o céu e o outro vai para o inferno? Não sei a resposta.”

É concebível, portanto, que um a pessoa de cérebro dividido possa ser republicana e dem ocrata ao m esm o tem po. Se perguntarm os em quem ela vai votar, ela dirá o candidato do cérebro esquerdo, pois o direito não consegue falar.

Mas dá para im aginar o caos na cabine de votação quando essa pessoa tem que usar só um a das m ãos.

QUEM ESTÁ NO COMANDO?

Um dos que dedicou seu tem po e fez m uitas pesquisas para entender o problem a da m ente subconsciente é o dr. David Eagleman, neurocientista do Baylor College of Medicine. Quando o entrevistei, perguntei: “Se a m aior parte dos nossos processos m entais são subconscientes, por que ignoram os esse fato tão im portante?” Ele deu o exem plo de um j ovem rei que herda o trono e leva o crédito de tudo o que acontece no reino, m as não tem a m enor noção da enorm e quantidade de assessores, cam poneses e soldados necessários para m anter o trono.

Nossas escolhas de políticos, cômj uges, am igos e profissões são influenciadas por coisas de que não tem os consciência. (Por exem plo: é um resultado m uito

estranho, ele diz, que “pessoas cham adas Denise ou Denis tenham um

a probabilidade muito maior de se tornarem dentistas; que pessoas chamadas Laura ou Lawrence tenham maior probabilidade de serem advogadas [*lawyers*] e pessoas chamadas George ou Georgiana, de se tornarem geólogas”.) Isso significa também que o que consideramos ser a “realidade” é apenas uma aproximação feita pelo cérebro para preencher as lacunas. Cada um de nós vê a realidade de maneira ligeiramente diferente. Por exemplo, ele observa, “pelos menos 15% das mulheres possuem uma mutação genética que lhes dá um tipo extra (um quarto tipo) de fotorreceptor de cor – e isso lhes permite distinguir entre cores que parecem idênticas para a maioria das pessoas, que têm apenas três tipos de fotorreceptor.”

Certamente, quanto mais entendemos a mecânica do pensamento, mais perguntas aparecem. O que acontece exatamente no centro de comando da mente quando confrontado com um obscuro centro de comando rebelde? Afinal, o que querem os dizer com “consciência”, se ela pode ser dividida pela metade?

E qual é a relação entre consciência e “si mesmo”, e “consciência de si”?

Se pudermos responder a essas difíceis questões, talvez a resposta possa nos indicar o caminho para o entendimento de consciência humana, a

consciência de robôs e alienígenas do espaço sideral, por exemplo, que pode ser inteiramente diferente da nossa.

Vamos então propor uma resposta clara para essa enganadora e complexa questão: O que é consciência?

A mente do homem é capaz de tudo... porque tudo está nela, todo o passado e também todo o futuro.

– JOSEPH CONRAD

A consciência pode reduzir até o mais cuidadoso pensador a um falatório incoerente.

– COLIN MCGINN

2 CONSCIÊNCIA – O PONTO DE VISTA DE UM FÍSICO

A ideia de consciência tem intrigado filósofos há séculos, mas ela tem resistido a uma definição simples até os dias de hoje. O filósofo David Chalmers catalogou mais de vinte mil artigos sobre o tema.

Nunca na ciência tantos se dedicaram tanto para criar tão pouco consenso. O pensador do século XVII Gottfried Leibniz escreveu certa vez: “Se fosse possível am pliar o cérebro até ficar do tam anho de um m oinho e andar lá por dentro, não encontraríamos os a consciência.”

Alguns filósofos duvidam de que sej a possível um a teoria da consciência.

Alegam que a consciência não pode ser explicada, dado que um obj eto não pode entender a si m esm o; portanto, não tem os sequer o poder m ental para resolver essa questão desconcertante. O psicólogo Steven Pinker, de Harvard, escreveu:

“Não conseguimos os ver a luz ultravioleta. Não conseguimos os girar m entalm ente um obj eto na quarta dim ensão. E talvez não consigam os entender enigm as com o o livre-arbítrio e a consciência.”

De fato, na m aior parte do século XX, um a das teorias dom inantes da

psicologia, o behaviorism o, negou totalm ente a im portância da consciência. O

behaviorism o se baseia na ideia de que som ente o com portam ento obj etivo de anim ais e pessoas é digno de estudo, e não os estados internos, subj etivos da m ente.

Outros desistiram de definir a consciência e tentam sim plesm ente descrevê-la.

O psiquiatra Giulio Tononi disse: “Todo m undo sabe o que é consciência: é aquilo que nos abandona toda noite quando dorm im os sem sonhar e retorna na m anhão seguinte quando acordam os.”

Em bora a natureza da consciência estej a sendo discutida há séculos, pouco se concluiu. Já que m uitas das invenções que possibilitaram os avanços da ciência do cérebro foram criadas por físicos, talvez sej a útil usar um exem plo da física para reexam inar essa velha questão.

COMO OS FÍSICOS ENTENDEM O UNIVERSO

Quando um físico tenta entender algum a coisa, prim eiro reúne dados e depois propõe um “m odelo”, um a versão sim plificada do obj eto de estudo, que capta suas características essenciais. Na física, o m odelo é descrito por um a série de parâmetros (por exem plo, tem peratura, energia, tem po). Depois o físico usa esse m odelo para

prever sua evolução, sim ulando seus m ovim entos. De fato, alguns dos m aiores supercom putadores do m undo são usados para sim ular a evolução de m odelos, que podem descrever prótons, explosões nucleares, padrões clim áticos, o Big Bang e o centro de buracos negros. Depois criam um m odelo

m elhor, usando parâm etros m ais sofisticados e continuam fazendo sim ulações.

Por exem plo: quando Isaac Newton estava analisando o m ovim ento da Lua, criou um m odelo sim ples, m as que iria m udar o curso da história da hum anidade.

Ele im aginou lançar um a m açã no ar. Quanto m ais rápido a m açã fosse atirada, ele raciocinou, m ais longe iria cair. Se atirasse com rapidez suficiente, ela poderia dar a volta ao m undo e até retornar ao ponto inicial. Depois Newton afirm ou que esse m odelo representava a traj etória da Lua, e as forças que guiavam o m ovim ento da m açã em torno da Terra eram idênticas às forças guiando a Lua.

Mas esse m odelo sozinho ainda era inútil. O ponto de virada foi quando Newton conseguiu usar essa teoria para sim ular o futuro, para calcular a posição futura de obj etos em m ovim ento. Era um problem a difícil, exigindo que ele criasse um cam po inteiram ente novo da m atem ática, cham ado cálculo. Usando essa nova m atem ática, Newton conseguiu prever a traj etória não só da Lua, m as tam bém do com eta Halley e dos planetas. Desde então os cientistas têm usado as leis de Newton para sim ular a futura traj etória de obj etos em m ovim ento, sej am balas de canhão, m áquinas, autom óveis, foguetes, asteroides, m eteoros, ou até estrelas e galáxias.

O sucesso ou fracasso de um m odelo depende de quão fielm ente ele reproduz os parâm etros básicos do original. Nesse caso o parâm etro básico era a localização da m açã e da Lua no espaço e no tem po. Ao deixar este parâm etro evoluir (isto é, ao longo do tem po), Newton desvendou, pela prim eira vez na história, a ação de corpos em m ovim ento, que é um a das m ais im portantes descobertas na ciência.

Os m odelos são úteis até serem substituídos por m odelos m ais precisos, descritos por parâm etros m elhores. Einstein substituiu a im agem das forças de Newton agindo sobre m açãs e luas por um novo m odelo baseado em um novo parâm etro, a curvatura do tem po e do espaço. A m açã não se m ovia porque a Terra exercia um a força sobre ela, m as porque o tecido do espaço e do tem po era esticado pela Terra, de m odo que a m açã estava sim plesm ente se m ovendo

ao longo da superfície de um espaço-tempo curvo. A partir disso, Einstein pôde simular o futuro de todo o universo. Agora, com computadores, podem os fazer simulações desse modelo no futuro e criar belas imagens de colisões de buracos negros.

Vamos incorporar essa estratégia básica a uma nova teoria da consciência.

DEFINIÇÃO DE CONSCIÊNCIA

Recolhi descrições dos campos da neurologia e da biologia para definir

consciência da seguinte maneira:

Consciência é o processo de criar um modelo do mundo usando múltiplos ciclos de feedback em vários parâmetros (por exemplo, temperatura,

espaço, tempo e em relação a outros), a fim de atingir uma meta (por exemplo, encontrar parceiros, comida, abrigo).

Chamo isso de “teoria espaço-tempo da consciência”, porque ela enfatiza a ideia de que animais criam um modelo do mundo, principalmente em relação ao espaço e entre outros animais, enquanto os humanos vão além e criam um modelo do mundo em relação ao tempo, tanto futuro como o passado.

Por exemplo: o nível mais baixo de consciência é o Nível 0, em que um organismo é estacionário, ou tem mobilidade limitada, e cria um modelo de seu lugar usando o ciclo de feedback de alguns poucos parâmetros (por exemplo, temperatura). Nesse exemplo, o nível mais simples de consciência é um termostato. Ele liga automaticamente o ar-condicionado ou o aquecedor para ajustar a temperatura do ambiente, sem ajuda. A chave é um ciclo de feedback que liga um interruptor se a temperatura ficar muito quente ou muito fria. (Por exemplo: metais se expandem quando aquecidos, e assim o termostato pode acionar um interruptor se um metal se expande além de certo ponto.) Cada ciclo de feedback registra “uma unidade de consciência”, portanto um termostato teria uma só unidade de consciência de Nível 0, ou seja, Nível 0:1.

Desse modo, podem os classificar a consciência num organismo, com base no número e na complexidade dos ciclos de feedback usados para criar um modelo do mundo. A consciência então já não é uma vaga coleção de conceitos indefinidos, circulares, mas um sistema

a de hierarquias que podem ser classificadas num eiracam ente. Um a bactéria ou um a flor, por exem plo, têm m uito m ais ciclos de feedback, portanto têm um grau m ais alto dentro do Nível 0

de consciência. Um a flor com dez ciclos de feedback (que m edem a tem peratura, um idade, luz solar, gravidade etc.), tem um Nível 0:10 de consciência.

Organism os com m obilidade e um sistem a nervoso central têm Nível I de consciência, que inclui um novo conj unto de parâm etros para m edir suas m udanças de lugar. Um exem plo de Nível I de consciência são os répteis. Eles têm tantos ciclos de feedback que desenvolveram um sistem a nervoso central para lidar com isso. O cérebro reptiliano tem talvez cem ou m ais ciclos de feedback (controlando o sentido do olfato, equilíbrio, tato, audição, visão, pressão sanguínea etc., e cada um desses contém m ais ciclos de feedback). Por exem plo: a visão envolve um grande núm ero de ciclos de feedback, pois os olhos reconhecem cores, m ovim entos, form as, intensidade de luz e som bras. Da m esm a form a, os outros sentidos dos répteis, com o a audição e o paladar,

exigem ciclos de feedback adicionais. A totalidade desses num erosos ciclos de feedback cria um a im agem m ental de onde o réptil está situado no m undo e onde outros anim ais (por exem plo, a presa) estão situados. Assim , o Nível I de consciência é controlado principalm ente pelo cérebro reptiliano, situado no fundo e no centro do cérebro hum ano.

A seguir, tem os o Nível II de consciência, em que os organism os criam um m odelo de seu lugar não só no espaço, m as tam bém em relação a outros (isto é, são anim ais sociais com em oções). A quantidade de ciclos de feedback do Nível II de consciência aum enta exponencialm ente, portanto convém introduzir um a outra classificação num érica para esse tipo de consciência. Adquirir aliados, detectar inim igos, obedecer ao m acho alfa *etc.* são com portam entos m uito com plexos, que exigem um cérebro m uito expandido, portanto o Nível II de consciência coincide com a form ação de novas estruturas cerebrais, na form a do sistem a lím bico. Com o vim os, o sistem a lím bico inclui o hipocam po (para a m em ória), a am ídala (para as em oções) e o tálam o (para a inform ação sensorial), e todos fornecem novos parâm etros para criar m odelos em relação a outros. Portanto, o núm ero e os tipos de ciclos de feedback m udam .

Definim os o grau do Nível II de consciência com o o núm ero total de

diferentes ciclos de feedback necessários para um animal interagir socialmente com os membros do seu grupo. Infelizmente, estudos de consciência animal são extremamente limitados, por isso muito pouco se fez para catalogar todos os meios pelos quais os animais se comunicam uns com os outros. Mas de um modo geral, podem os estimar o Nível II de consciência contando o número de animais num bando ou grupo e listando todas as formas de interação emocional entre eles. Isso inclui reconhecer amigos e rivais, formar laços com outros, retribuir favores, formar coalizões, entender o próprio status e a posição social de outros, respeitar os superiores, demonstrar poder sobre os inferiores, conspirar para subir os degraus sociais etc. (Excluimos os insetos do Nível II porque, em geral, não tenham relações sociais com os membros do grupo ou da colmeia, até onde sabem os não têm emoções.)

Apesar da falta de estudos em primatas de comportamento animal, podem os chegar a uma classificação numérica, muito grosseira, do Nível II de consciência, listando todas as emoções e comportamentos sociais demonstrados.

Por exemplo: se um alcateia tem dez lobos e cada um deles interage com todos os outros por meio de quinze emoções e gestos diferentes, então o nível de consciência do lobo, num primeiro cálculo, é dado pelo produto dos dois, isto é, 150, o que dará Nível II:150 de consciência. Esse valor leva em conta o número de animais com que ele interage e o número de formas de comunicação com cada um dos outros. Esse valor é apenas uma aproximação do total de interações sociais que o animal apresenta, e certamente será multiplicado à medida que aprendermos mais sobre seu comportamento.

É claro que, com a evolução nunca é precisa nem nítida, há casos especiais que precisam os explicar, com o nível de consciência de animais sociais que são caçadores solitários. Explicaremos isso nas Notas.

NÍVEL III DE CONSCIÊNCIA: SIMULANDO O FUTURO

Dada essa estrutura para a consciência, vemos que os humanos não são únicos, e que há um *continuum* de consciência. Com o Charles Darwin comentei certa vez:

“A diferença entre o homem e os animais mais desenvolvidos, por maior que seja, é certamente de grau, e não de tipo.” Mas o que separa a consciência humana da consciência dos animais? Os humanos são os únicos no reino animal que entendem o conceito de amanhã. Ao

contrário dos animais, sem pre nos perguntam os “E se?” em semanas, meses ou daqui a anos. Portanto, acredito que o Nível III de consciência cria um modelo de seu lugar no mundo e então simula esse modelo no futuro fazendo previsões aproximadas. Podem os resumir isso da seguinte maneira:

A consciência humana é uma forma específica de consciência, que cria um modelo do mundo e o simula ao longo do tempo, avaliando o passado para simular o futuro. Isso exige mediar e avaliar muitos ciclos de feedback a fim de tomar uma decisão para atingir uma meta.

Quando atingimos o Nível III de consciência, são tantos os ciclos de feedback que precisamos os de um diretor-geral para analisá-los a fim de simular o futuro e tomar uma decisão final. Por isso, nosso cérebro difere dos cérebros dos animais, principalmente na expansão do córtex pré-frontal, situado logo atrás da testa, que nos permite “ver” o futuro.

O dr. Daniel Gilbert, psicólogo de Harvard, escreveu: “A maior conquista do cérebro humano é a capacidade de imaginar objetos e episódios que não existem no reino do real, e é essa capacidade que nos permite pensar no futuro. Com o um filósofo observou, o cérebro humano é um ‘máquina de antecipação’, e ‘fazer o futuro’ é a sua função mais importante.”

Usando varreduras cerebrais, podemos até supor qual é a área exata do

cérebro onde ocorre a simulação do futuro. O neurologista Michael Gazzaniga observa que a “área 10 (a camada granular interna IV), no córtex pré-frontal lateral, é quase duas vezes maior nos humanos do que nos macacos. A área 10

está ligada à memória e ao planejamento, à flexibilidade cognitiva, ao pensamento abstrato, ao comportamento do comportamento adequado e à inibição do comportamento inadequado, ao aprendizado de regras e à seleção das

informações relevantes do que é percebido por meio dos sentidos”. (Neste livro, vamos nos referir a essa área, onde está concentrada a tomada de decisões, com o córtex pré-frontal dorsolateral, apesar de ter alguma sobreposição com outras áreas do cérebro.)

Embora os animais possam ter um entendimento bem definido de seu lugar no espaço, e alguns tenham certo grau de consciência de

outros animais, não está claro se planejam sistematicamente o futuro nem se têm algum entendimento do

“amanhã”. Muitos animais, inclusive animais sociais com sistema límbico bem desenvolvido, reagem a situações (por exemplo, a presença de predadores ou de parceiros em potencial) confiando principalmente no instinto, e não planejando sistematicamente o futuro.

Por exemplo: os mamíferos não se preparam para o inverno planejando a hibernação, apenas seguem instintivamente as quedas de temperatura. Um ciclo de feedback regula a hibernação. A consciência é dominada por mensagens vindas dos sentidos. Não há evidências de que analisem sistematicamente diversos planos e arranjos quando se preparam para hibernar. Os predadores, quando usam a astúcia e o disfarce para surpreender uma presa incauta, antecipam os eventos futuros, mas nesse planejamento se limitam ao instinto e à duração da caçada. Os primatas elaboram planos de curto prazo (por exemplo, para encontrar comida), mas não há indicação de que planejem isso com meses que algum das horas de antecedência.

Os humanos são diferentes. Apesar de confiarmos no instinto e nas emoções em muitas situações, também analisamos e avaliamos nossas ações de vários ciclos de feedback. Fazemos isso organizando simulações, às vezes até além do nosso tempo de vida, e meses ou milhares de anos no futuro. A vantagem de fazer simulações é avaliar as várias possibilidades, a fim de tomar a melhor decisão para atingir um objetivo. Isso ocorre no córtex pré-frontal, que nos permite simular o futuro e avaliar as possibilidades para traçar a melhor linha de ação.

Essa capacidade evoluiu por várias razões. Primeiro, ter a capacidade de considerar o futuro traz enormes benefícios evolucionários, com o fugir de predadores, encontrar comida e parceiros. Segundo, nos permite escolher entre vários resultados diferentes e selecionar o melhor.

Terceiro, o número de ciclos de feedback aumenta exponencialmente à

medida que passam do Nível 0 para o Nível I e para o Nível II, portanto precisam de um “diretor-geral” para avaliar todas as mensagens conflitantes.

O instinto já não é suficiente. É preciso haver um corpo central para

avaliar cada um dos ciclos de feedback. Isso diferencia a consciência humana da dos animais.

Esses ciclos de feedback, por sua vez, são avaliados com simulações do futuro para se obter o melhor resultado. Se não tivessem os um diretor, reinaria o caos e teriam os um a sobrecarga sensorial.

Um experimento simples pode demonstrar isso. David Eagleman observa que

se pegam os um peixe esgana-gata macho e colocam os um a fêmea cruzando seu território, o macho fica confuso porque quer se acasalar com a fêmea, mas ao mesmo tempo quer defender seu território. Sendo assim, o esgana-gata ataca a fêmea enquanto tenta fazer-lhe a corte. O macho fica enlouquecido, tentando cortejar e ao mesmo tempo atacar a fêmea.

Isso acontece também com os camundongos. Coloque um eletrodo na frente de um pedaço de queijo. Se o ratinho chegar muito perto, vai levar um choque.

Um ciclo de feedback diz a ele para com o queijo, mas outro diz que se afaste para evitar o choque. Ajustando a localização do eletrodo, você pode fazer o ratinho oscilar, dividido entre dois ciclos de feedback conflitantes. Enquanto o homem tem um diretor-geral no cérebro para avaliar os prós e contras da situação, o rato, guiado por dois ciclos de feedback conflitantes, vai para frente e para trás. (É como o provérbio do burro que morre de fome e porque foi colocado entre dois montes iguais de feno.)

Com isso, exatamente, o cérebro simula o futuro? O cérebro humano é inundado por uma grande quantidade de dados sensoriais e emocionais. A chave é simular o futuro fazendo conexões causais entre eventos – isto é, se acontecer A, então acontece B. Mas se acontecer B, pode resultar em C e D. Isso dispara uma reação em cadeia de eventos, acabando por criar uma árvore de futuros possíveis encadeados, com muitas ramificações. O diretor no córtex pré-frontal avalia os resultados dessas árvores causais a fim de tomar a decisão final.

Digamos que você queira assaltar um banco. Quantas simulações realistas desse evento é possível fazer? É preciso pensar nas várias conexões causais envolvendo a polícia, clientes, sistemas de alarme, relações com os comarcas, condições do trânsito, a proximidade da delegacia etc. Para uma simulação bem -

sucedida do assalto, seria necessário analisar centenas de conexões causais.

É também possível medir numericamente esse nível de consciência. Digamos que se apresente a uma pessoa uma série de situações diferentes, com o a descrita acima, para ela simular o futuro de cada uma. A soma total das conexões causais em que tal pessoa consegue pensar para todas essas situações pode ser tabulada. Uma dificuldade é que há um número ilimitado de conexões causais que poderiam ser feitas para cada variedade de situação. Para contornar tal dificuldade, dividimos esse número pela média de conexões causais obtida de um grande grupo de controle. Com o num teste de Q.I., podemos então multiplicar esse número por 100. Assim, o nível de consciência de alguém, por exemplo, pode ser Nível III:100, o que significa que é capaz de simular o futuro com o mesmo a pessoa com um .

Resumimos os esses níveis de consciência no seguinte diagrama:

NÍVEIS DE CONSCIÊNCIA DE DIFERENTES ESPÉCIES

Nível Espécie

Parâmetro

Estrutura

Cerebral

Temperatura,

0

Plantas

Nenhuma

luz solar

Tronco

I

Répteis

Espaço

cerebral

Relações

Sistema

II

Mamíferos sociais

límbico

Córtex

Tempo (esp.

III

Humanos

pré-

futuro)

frontal

Teoria espaçotem po da consciência. Definim os consciência com o o processo de criar um m odelo do m undo usando m útiplos ciclos de feedback de vários parâm etros (por exem plo, no espaço, no tem po, e em relação aos outros), a fim de atingir um obj etivo. A consciência hum ana é um tipo particular que envolve a m ediação entre esses ciclos de feedback por m eio de sim ulação do futuro e avaliação do passado.

Observem que essas categorias correspondem aproxim adam ente aos níveis evolucionários que encontram os na natureza — por exem plo, répteis, m am íferos e hum anos. Entretanto, há tam bém áreas cinzentas, com o anim ais que possuem alguns aspectos de diferentes níveis de consciência, anim ais que fazem planej am entos rudim entares, ou m esm o células que se com unicam entre si. Esse

diagram a pretende apenas dar um a visão m aior, global, de com o a consciência está organizada no reino anim al.

O QUE É HUMOR? POR QUE TEMOS EMOÇÕES?

Toda teoria tem que ser contestável. O desafio para a teoria do espaçotem po da consciência é explicar *todos* os aspectos da consciência hum ana nesse esquem a.

Pode ser contestável se houver padrões de pensam ento que não podem ser encaixados na teoria. Um crítico diria que certam ente nosso senso de hum or é tão esquisito e efêmero que está além de qualquer explicação. Passam os m uito tem po rindo com am igos e com ediantes; entretanto parece que o hum or nada tem a ver com sim ulações do futuro. Mas considerem que m uito do hum or, com o contar um a piada, depende da sacada final.

Ao ouvir um a piada, não deixam os de sim ular o futuro e com pletar a história (m esm o quando fazem os isso sem perceber). Conhecem os

o suficiente do mundo físico e social para antecipar o final, por isso damos os um a gargalhada quando o final da piada tem um a conclusão totalmente inesperada. A essência do humor é quando nossa simulação do futuro é interrompida de repente, de maneira surpreendente. Isso teve importância histórica para nossa evolução porque o sucesso depende, em parte, de nossa capacidade de simular eventos futuros. Com a vida na selva é cheia de eventos não previstos, quem é capaz de prever resultados inesperados tem maior chance de sobreviver. Assim, ter um senso de humor bem desenvolvido é de fato uma indicação de inteligência e consciência de Nível III, isto é, a capacidade de simular o futuro.

Por exemplo: Uma vez pediram a W. C. Fields uma opinião sobre atividades sociais para jovens. A pergunta foi “Você acredita em *clubs* para jovens?”, e ele respondeu “Só quando falha a gentileza”. [1] A piada tem graça porque simulamos mentalmente um futuro com crianças num clube social, enquanto W. C. Fields simulou um futuro diferente, envolvendo uma arma. (É claro que uma piada explicada perde o poder, pois já simulamos mentalmente vários futuros possíveis.)

Isso mostra também o que todo mundo sabe: o momento certo é o segredo do humor. Se o final é contado muito depressa, o cérebro não teve tempo de simular o futuro, e a experiência do imprevisto não acontece. Se demorar demais, o cérebro tem tempo de simular vários futuros possíveis, e o final perde o elemento surpresa.

O humor tem outras funções, é claro, com o criar laços com os membros do grupo. De fato, usam os o senso de humor com o mesmo efeito de formar opinião sobre o caráter dos outros. Isso, por sua vez, é essencial para determinar nosso

status numa sociedade. Portanto, a gargalhada também ajuda a definir nossa posição no mundo social, isto é, no Nível II de consciência.

POR QUE BRINCAMOS E FOFOCAMOS?

Até atividades aparentemente triviais, com o fofocar ou fazer brincadeiras com amigos, devem ser explicadas nesse quadro teórico. (Se um marciano visse a enorme oferta de revistas de fofoca perto da caixa em um supermercado, poderia concluir que fofocar é a principal atividade dos humanos, observação esta que não estaria longe da verdade.)

A fofoca é essencial para a sobrevivência porque, com o os com plexos

me canism os das interações sociais estão sempre mudando, ela é uma forma de entender esse campo social em constante mutação. Isso é o Nível II de consciência em ação. Mas quando ouvimos um exemplo, fazem os simulações imediatas para saber com o isso pode afetar nossa própria posição na sociedade, o que nos leva ao Nível III de consciência. Na verdade, milhares de anos atrás, a fofoca era a única maneira de obter informações vitais sobre a tribo. A própria vida da pessoa dependia de saber da última fofoca.

Algo tão superficial quanto “brincar” é também um aspecto essencial da consciência. Quando perguntamos a uma criança por que ela gosta de brincar, ela responde “Porque é divertido”. Mas isso leva à pergunta seguinte: O que é diversão? Na verdade, quando as crianças brincam, elas geralmente recriam, de forma simplificada, interações humanas com plexos. A sociedade humana é extremamente sofisticada, com plicada demais para o cérebro infantil ainda em desenvolvimento, então as crianças fazem simulações simplificadas da sociedade dos adultos, brincando de médico, polícia e ladrão, escolinha. Cada brincadeira é um modelo que permite à criança vivenciar um pequeno segmento do

comportamento adulto e fazer simulações do futuro. Da mesma forma, quando adultos participam de jogos, como o pôquer, o cérebro cria continuamente um modelo de quais cartas os outros jogadores possuem e projeta esse modelo no futuro, usando dados anteriores sobre a personalidade dos parceiros de jogo, a tendência a blefar etc. O segredo de jogos como o xadrez, baralho e jogos de azar é a capacidade de simular o futuro. Os animais, que vivem muito no presente, não são tão bons nos jogos quanto os humanos, principalmente nos jogos que envolvem planejamento. Filhotes de mamíferos praticam formas de jogos, mas é mais com o exercício, testando uns aos outros, praticando para lutas futuras e estabelecendo uma hierarquia social, e não simulando o futuro.

Minha teoria do espacotempo da consciência pode também ajudar a esclarecer outro tópico controverso: a inteligência. Em bora os testes de Q.I.

afirmem medir a “inteligência”, na verdade não oferecem sequer uma definição inicial de inteligência. De fato, um cínico diria, com alguma razão, que o Q.I. é uma medida de “quanto alguém se sai bem em testes de Q.I.”, o que é circular.

Além disso, os testes de Q.I. são criticados pelo excesso de referências culturais.

Porém, nessa nova perspectiva, a inteligência pode ser vista com o a com plexidade de nossas simulações do futuro. Consequentemente, um mestre do crime, que pode ter abandonado a escola, ser um analfabeto funcional e obter uma pontuação baixíssima num teste de Q.I., pode muito bem superar a capacidade da polícia. Ser mais esperto que a polícia pode implicar

simplesmente fazer simulações mais sofisticadas do futuro.

NÍVEL I: FLUXO DE CONSCIÊNCIA

Os humanos são provavelmente os únicos no planeta capazes de operar em todos os níveis de consciência. Usando IRM, podemos analisar as diferentes estruturas envolvidas em cada nível de consciência.

Para nós, o fluxo do Nível I de consciência é basicamente a interação entre o córtex pré-frontal e o tálamo. Quando passeiam os tranqüilos pelo parque, percebemos o cheiro das plantas, a brisa suave, os estímulos visuais do sol *etc.*

Nossos sentidos enviam sinais para a medula espinhal, o tronco cerebral e então ao tálamo, que opera com uma estação de transmissão, classificando os estímulos e os enviando para os vários córtices cerebrais. As imagens do parque, por exemplo, são enviadas para o córtex occipital, na parte de trás do cérebro, e a sensação da brisa na pele é enviada para o lobo parietal. Os sinais são processados nos córtices apropriados e então enviados para o córtex pré-frontal, onde finalmente nos tornamos conscientes de todas essas sensações.

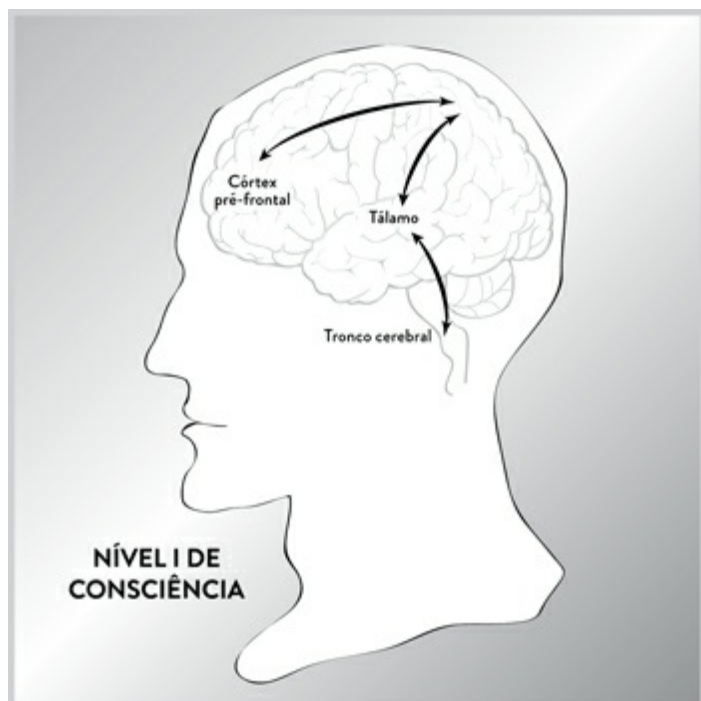
Isso é ilustrado na Figura 7.

NÍVEL II: EM BUSCA DE UM LUGAR NA SOCIEDADE

Enquanto o Nível I de consciência usa as sensações para criar um modelo de nossa localização física no espaço, o Nível II de consciência cria um modelo de nosso lugar na sociedade.

Imagine que vamos a uma festa elegante, em que as pessoas essenciais para nosso trabalho estão presentes. Passando os olhos pela sala, tentando identificar os colegas, há uma interação intensa entre o hipocampo (que processa a memória), a amígdala (que processa as

em ações) e o córtex pré-frontal (que junta as



inform ações).

Figura 7. No Nível I de consciência, a informação sensorial viaja pelo tronco cerebral, passa pelo tálamo, segue pelos vários córtices do cérebro e finalmente chega ao córtex pré-frontal. Assim, o fluxo do Nível I de consciência é criado pelo fluxo de informação do tálamo para o córtex pré-frontal.

A cada imagem o cérebro anexa automaticamente uma emoção, com a felicidade, medo, raiva, ciúme, e processa a emoção na amígdala.

Se avistarmos nosso maior rival na festa, aquele que suspeitamos nos apunhalar pelas costas, a emoção do medo é processada pela amígdala, que envia uma mensagem urgente para o córtex pré-frontal, alertando do possível perigo. Ao mesmo tempo, são enviados sinais ao sistema endócrino para começar a bombear adrenalina e outros hormônios para o sangue, aumentando assim os batimentos cardíacos e nos preparando para uma possível reação de luta ou fuga.

Isso é ilustrado na Figura 8.

Mas além de simplesmente reconhecer pessoas, o cérebro tem a

fantástica capacidade de imaginar o que os outros estão pensando. Isso é chamado de Teoria da Mente, proposta inicialmente pelo dr. David Premack, da Universidade da Pensilvânia, que é a capacidade de deduzir os pensamentos dos outros. Em toda sociedade complexa, quem tem a capacidade de adivinhar corretamente intenções, motivos e planos de outras pessoas tem uma tremenda vantagem de sobrevivência sobre os que não têm essa capacidade.

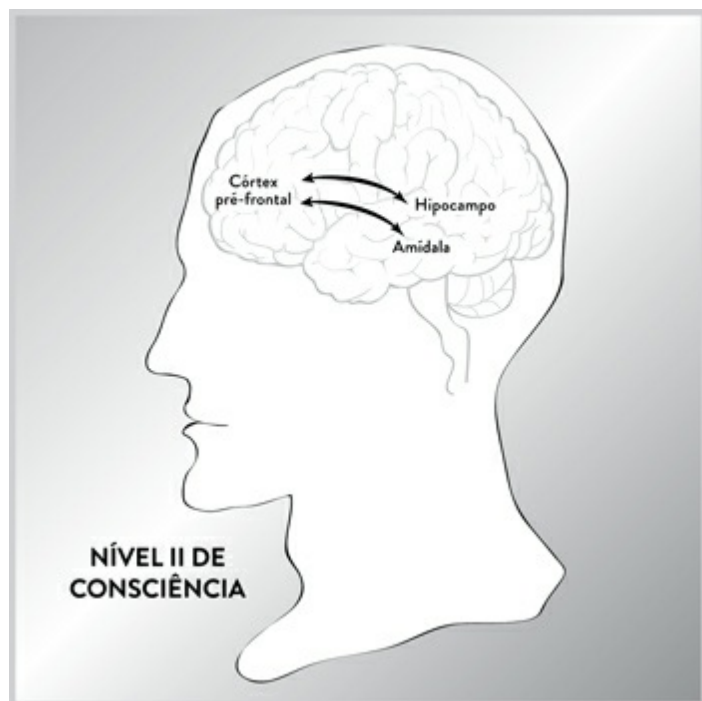


Figura 8. As emoções se originam e são processadas no sistema límbico. No Nível II de consciência, os sentimentos continuam bombardeados com informações sensoriais, e as emoções são respostas rápidas a emergências, dadas pelo sistema límbico, que não precisam de autorização do córtex pré-frontal. O hipocampo também é importante no processamento da memória. Assim, o Nível II de consciência, em seu cerne, envolve a reação da amígdala, do hipocampo e do

córtex pré-frontal.

A Teoria da Mente permite formar alianças com outros, isolar inimigos e consolidar amizades, o que aumenta bastante o poder e as chances de

sobrevivência e acasalamento. Alguns antropólogos acreditam até que

o dom ínio da Teoria da Mente foi essencial para a evolução do cérebro.

Mas com o se chega à Teoria da Mente? Um a pista foi dada em 1996, com a descoberta dos “neurônios espelho” pelos drs. Giacomo Rizzolatti, Leonardo Fogassi e Vittorio Gallese. Esses neurônios são ativados quando executam os um a tarefa e vem os alguém executando a m esm a tarefa. Os neurônios espelho disparam tanto para em ações com o para atos físicos. Se sentim os algo e acham os que outra pessoa está tendo a m esm a em ação, os neurônios espelho disparam .

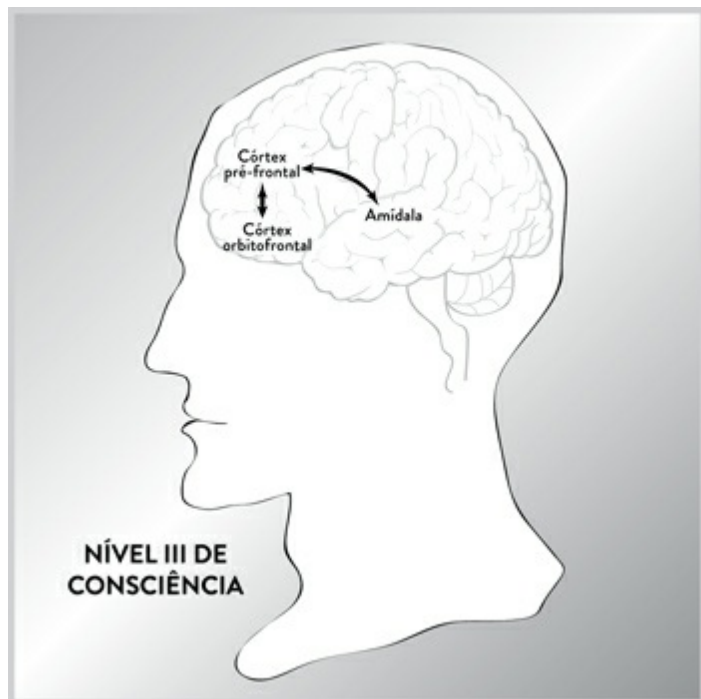
Os neurônios espelho são essenciais para a im itação e para a em patia, dando não só a capacidade de copiar tarefas com plexas efetuadas por outros, m as tam bém de sentir as em ações que outros devem estar sentindo. Assim , os neurônios espelho provavelm ente foram essenciais para nossa evolução com o seres hum anos, pois a cooperação é essencial para m anter a tribo unida.

Os neurônios espelho foram descobertos prim eiro nas áreas pré-m otoras de cérebros de m acacos, e então foram encontrados no córtex pré-frontal dos hum anos. O dr. V. S. Ramachandran acredita que os neurônios espelho foram essenciais para nosso poder de autoconsciência, e conclui: “Prevej o que os neurônios espelho serão para a psicologia o que o DNA é para a biologia: vão fornecer um a estrutura unificada e aj udar a explicar um a série de capacidades m entais que até então perm aneceram m isteriosas e inacessíveis a

experim entos.” (Observam os, porém , que todo resultado científico tem que ser testado e reconfirm ado. Não há dúvida de que certos neurônios desem penham esse papel crucial ligado a em patia, im itação etc., m as há um debate sobre a identidade desses neurônios espelho. Por exem plo, alguns críticos alegam que talvez esses com portam entos sej am com uns a vários neurônios, e que não existe um a classe específica de neurônios dedicados a esses com portam entos.)
NÍVEL III: SIMULANDO O FUTURO

O nível m ais alto de consciência, associado originalm ente ao *Homo sapiens*, é o Nível III, onde tom am os nosso m odelo do m undo e a partir dele fazem os sim ulações para o futuro. Analisam os lem branças de pessoas e eventos, depois sim ulam os o futuro fazendo várias conexões causais e form am os um a árvore

“causal”. Ao olharm os os diversos rostos num a festa, nos fazem os perguntas



sim ples: Com o tal pessoa pode m e aj udar? Que efeito terão no futuro as fofocas percorrendo o salão? Tem alguém contra m im ?

Figura 9. A sim ulação do futuro, o cerne do Nível III de consciência, é m ediada pelo córtex pré-frontal dorsolateral, o diretor do cérebro, com a com petição entre o centro de prazer e o córtex orbitofrontal (que age verificando nossos

im pulsos). Isso lem bra um pouco a ideia de Freud da luta entre a consciência e os desej os. O verdadeiro processo de sim ulação do futuro ocorre quando o córtex pré-frontal acessa as lem branças do passado a fim de delinear eventos futuros.

Digam os que você acabou de perder o em prego e está procurando outro

desesperadam ente. Nesse caso, enquanto você conversa com várias pessoas na festa, sua m ente está fervilhando, sim ulando o futuro com cada pessoa com quem conversa. Você se pergunta: Com o posso causar boa im pressão a essa pessoa? Que assuntos devo abordar para fazer bonito? Será que ela pode m e oferecer um em prego?

Varreduras cerebrais recentes aj udaram a esclarecer com o o cérebro sim ula o futuro. Essas sim ulações são feitas principalm ente no

córtex pré-frontal dorsolateral, o diretor-geral do cérebro, usando lembranças do passado. Por um lado, as simulações do futuro podem produzir resultados desejáveis e prazerosos, e nesse caso os centros de prazer se acendem (no núcleo accumbens e no hipotálamo). Por outro lado, se esses resultados também têm aspectos negativos, o córtex orbitofrontal se manifesta para advertir sobre possíveis perigos. Então, entre diferentes partes do cérebro, há um conflito concernente ao futuro, que pode ter resultados desejáveis ou indesejáveis. Por fim, é o córtex pré-frontal dorsolateral que faz a mediação entre eles e toma a decisão final. (Ver Figura 9.) Alguns neurologistas observaram que esse conflito lembra, de forma

aproximada, a dinâmica freudiana do ego, id e superego.

O MISTÉRIO DA AUTOCONSCIÊNCIA

Se a teoria do espacotempo da consciência está correta, também nos dá uma definição precisa de autoconsciência. Em vez de referências vagas e circulares, precisamos de uma definição verificável e útil. Vamos definir a autoconsciência da seguinte maneira:

Autoconsciência é criar um modelo do mundo e simular um futuro no qual estaremos.

Portanto, os animais têm alguma autoconsciência, dado que, para sobreviver e se acasalar, eles precisam saber onde estão situados, mas isso é muito limitado pelo instinto.

Amáioria dos animais, quando colocados diante de um espelho, ignora ou ataca, sem descobrir que a imagem é deles mesmos. (Isso é chamado de “teste do espelho”, que remonta a Darwin.) No entanto, animais como os elefantes, os grandes macacos, várias espécies de golfinhos, orcas e pega-rabudas conseguem

entender que a imagem que veem no espelho é a deles.

Os humanos, porém, dão um grande passo à frente e fazem constantemente simulações do futuro em que aparecem com os atores principais. Sem preverem as situações – ir a um encontro, nos candidatar a um emprego, mudar de carreira – que não são determinadas pelo instinto. É extremamente difícil pedir ao nosso cérebro de simular o futuro, em forma alguns métodos elaborados (mediação, por exemplo) tenham sido utilizados para conseguir isso.

O devaneio, por exemplo, geralmente consiste numa atuação em diferentes futuros possíveis para atingir um objetivo. Com o nos

orgulham os de conhecer nossos pontos fortes e limitações, tem a facilidade de nos colocarmos no modelo e apertar o botão “play” para atuar em cenários hipotéticos, com o um ator numa peça virtual.

ONDE “EU” ESTOU?

Provavelmente, há uma parte específica do cérebro cuja tarefa é unificar os sinais vindos dos dois hemisférios para criar uma ideia de nós mesmos. O dr.

Todd Heatherton, psicólogo do Dartmouth College, acredita que essa região se localiza no córtex pré-frontal, no chamado córtex pré-frontal medial. O biólogo dr. Carl Zimmer escreve que “o córtex pré-frontal medial pode desempenhar o mesmo papel para o ‘eu’ que o hipocampo desempenha para a memória, (...) pode estar sempre tecendo uma ideia de quem nós somos”. Em outras palavras, pode ser o portal para o conceito de “eu”, a região central do cérebro que funde, integra e inventa uma narrativa unificada de quem nós somos. (Isso não significa, porém, que o córtex pré-frontal medial seja o homúnculo sentado no cérebro controlando tudo.)

Se essa teoria for verdadeira, então o cérebro em sossego, quando estamos ociosamente devaneando sobre nossos amigos e nós mesmos, ficaria mais ativo do que o normal, mesmo quando outras partes das regiões sensoriais cerebrais estão quietas. De fato, a varredura cerebral mostra isso. O dr. Heatherton conclui que “na maior parte do tempo, devaneamos – pensamos sobre alguma coisa que nos aconteceu, ou sobre o que achamos de outras pessoas. Isso envolve autorreflexão”.

A teoria do espaço-tempo diz que a consciência é influenciada por várias subunidades do cérebro, cada uma com o seu próprio ritmo para criar um modelo do mundo e, mesmo assim, nossa consciência parece uniforme e contínua. Com isso é possível, já que todos nós achamos que nosso “eu” é ininterrupto e está sempre no comando?

No capítulo anterior, vimos a difícil condição de pacientes com cérebro

dividido lutando com as duas mãos que, literalmente, têm mentes próprias.

Parece que existem dois centros de consciência vivendo no mesmo cérebro.

Sendo assim, por que criam os a ideia de que tem os um “eu” unificado, coeso, existindo em nosso cérebro?

Perguntei a um a pessoa que poderia ter a resposta, o dr. Michael Gazzaniga, que passou várias décadas estudando o estranho com portam ento de pacientes com cérebro dividido. Ele notou que o cérebro esquerdo desses pacientes, quando confrontado com o fato de que parecia haver dois centros de consciência residindo no m esm o crânio, procurava dar estranhas explicações, por m ais bobas que fossem . Ele m e disse que, diante de um paradoxo óbvio, o cérebro esquerdo

“fabulava” um a resposta para explicar fatos inconvenientes. O dr. Gazzaniga acredita que isso nos dá um a falsa ideia de que som os unificados e inteiros. Ele cham a o cérebro esquerdo de “intérprete”, que fica inventando ideias para tam poner inconveniências e lacunas em nossa consciência.

Por exem plo: num experim ento, ele m ostrou em flash a palavra “verm elho”

só para o cérebro esquerdo de um paciente, e a palavra “banana” só para o cérebro direito. (Notem que o cérebro esquerdo, dom inante, não está sabendo da

“banana”.) Depois ele pediu ao suj eito que pegasse um a caneta com a m ão esquerda (que é governada pelo cérebro direito) e fizesse um desenho.

Naturalm ente, ele desenhou um a banana. Lem brem que o cérebro direito podia fazer isso porque tinha visto a banana, m as o cérebro esquerdo não sabia que a banana tinha sido m ostrada para o cérebro direito.

Ele perguntou ao paciente por que tinha desenhado a banana. Com o apenas o lado esquerdo controla a fala, e com o o cérebro esquerdo não sabia da banana, o paciente deveria ter respondido “não sei”. Em vez disso, ele falou: “É m ais fácil desenhar com essa m ão porque desliza m elhor.” O dr. Gazzaniga observou que o cérebro esquerdo estava tentando achar um a desculpa para esse fato

inconveniente, pois o paciente não sabia por que havia desenhado um a banana.

Ele concluiu que “é o hem isfério esquerdo que gera a tendência de encontrar ordem no caos, que tenta encaixar tudo num a história e pôr

num contexto.

Parece que ele é direcionado para criar hipóteses sobre a estrutura do mundo, mas em frente da evidência de que não existe padrão nenhum ”.

É daí que vem nossa ideia de um “eu” unificado. Em bora a consciência seja a um a colcha de retalhos de tendências rivais e frequentemente contraditórias, o cérebro esquerdo ignora as incoerências e também põe lacunas óbvias a fim de nos dar um senso homogêneo de um “eu” único. Em outras palavras, o cérebro esquerdo está sempre arrumando desculpas, algumas descabidas e absurdas, para dar sentido ao mundo. Está sempre perguntando “por quê?” e inventando desculpas, mas em frente quando a pergunta não tem resposta.

Há, provavelmente, uma razão evolutiva para termos um cérebro dividido em dois. Um diretor-geral com bastante experiência estimula seus auxiliares a tomar

posições opostas numa questão, para promover um debate amplo e ponderado.

Muitas vezes a visão correta emerge da densa interação de ideias incorretas. Da mesma forma, as duas metades do cérebro se complementam, oferecendo análises pessimistas/otimistas ou analíticas/holísticas da mesma ideia. Assim, as duas metades do cérebro conseguem defender seus argumentos. De fato, com o tempo, certas formas de doença mental podem surgir quando essa interação entre os dois cérebros não funciona.

Agora que já temos uma teoria da consciência, chegou o momento de utilizá-la para entender como a neurociência irá evoluir no futuro. Atualmente, há um vasto e admirável conjunto de experimentos na neurociência que alteram fundamentalmente todo o panorama científico. Utilizando o poder do

eletromagnetismo, os cientistas agora conseguem investigar os pensamentos das pessoas, enviar mensagens telepáticas, controlar telecineticamente os objetos à volta, gravar memórias, e talvez aprimorar nossa inteligência.

Talvez a aplicação imediata e prática dessa nova tecnologia seja algo que já foi considerado totalmente impossível: a telepatia.

1. *Club* tem o duplo sentido de “clube” e de “taco de golfe, bastão”,

daí a piada.

(N. da T.)

LIVRO II A MENTE ACIMA DA MATÉRIA

O cérebro, queiram ou não, é um armazém. Os cientistas chegaram a essa conclusão, não por serem desmarchistas e mecanicistas, mas porque reuniram evidências de que todos os aspectos da consciência podem ser ligados no cérebro.

– STEVEN PINKER

3 TELEPATIA – UM DOCE PELO QUE VOCÊ ESTÁ PENSANDO

Alguns historiadores acreditam que Harry Houdini foi o maior mágico que já existiu. Suas inacreditáveis fugas de caixas trancadas e lacradas e seus numerosos perigosos deixavam o público sem fôlego. Ele fazia pessoas desaparecerem e reaparecerem nos lugares mais inesperados. E lia a mente das pessoas.

Ou pelo menos é o que parecia.

Houdini sofria para explicar que tudo o que ele fazia era ilusão, uma série de truques de prestidigitação. Ele ressaltava que ler a mente era impossível. E ficava tão indignado com mágicos inescrupulosos enganando ricos patrocinadores com truques baratos e sessões espíritas, que viajava pelo país expondo as enganações e afirmando que era capaz de reproduzir qualquer fenômeno mental alegado pelos charlatões. Chegou a fazer parte de um comitê organizado pela revista *Scientific American*, que oferecia um generoso prêmio a quem provasse que possuía poderes mentais. (Ninguém jamais recebeu o prêmio.)

Houdini acreditava que a telepatia era impossível. Mas a ciência está provando que Houdini estava errado.

A telepatia é hoje tema de intensas pesquisas em universidades de todo o mundo, onde cientistas já são capazes de usar sensores avançados para ler palavras isoladas, imagens e pensamentos no cérebro das pessoas. Isso pode alterar o modo de comunicação com vítimas de derrames e acidentes que ficam

“aprisionadas” no corpo, incapazes de manifestar seus pensamentos exceto piscando os olhos. Mas isso é apenas o começo. A telepatia pode também mudar radicalmente nossa interação com

putadores e com o mundo externo.

De fato, num recente “Next 5 in 5 Forecast”, evento da IBM que prevê cinco desenvolvimentos evolucionários nos próximos cinco anos, cientistas da empresa afirmaram que serão os capazes de nos comunicar mentalmente com

computadores, talvez substituindo o mouse e os comandos de voz. Isso significa usar o poder da mente para telefonar para alguém, pagar contas com cartão de crédito, dirigir carro, lidar com promissos, criar belas sinfonias e obras de arte *etc.* As possibilidades são infinitas, e parece que tudo – de gigantes da computação, educadores, em presas de videogame, estúdios de música, até o Pentágono – está convergindo para essa tecnologia.

A verdadeira telepatia, encontrada na ficção científica e em histórias fantásticas, não é possível sem auxílio externo. Com o saber os, o cérebro é elétrico. Em geral, quando um elétron é acelerado, emite radiação

eletromagnética. O mesmo se aplica aos elétrons oscilando no cérebro, que emitem ondas de rádio. Mas esses sinais são muito fracos para serem detectados por outras pessoas, e ainda que pudessem perceber essas ondas de rádio, seria difícil entendê-las. A evolução não nos deu a capacidade de decifrar esse conjunto de sinais de rádio aleatórios, mas os computadores conseguem. Os

cientistas são capazes de fazer aproximações grosseiras do pensamento, usando a varredura por EEG. O sujeito coloca um capacete com sensores de EEG e se concentra em determinada imagem – digamos, a figura de um carro. Os sinais do EEG são gravados a cada imagem e assim criam um dicionário rudimentar, com correspondência de uma imagem entre os pensamentos da pessoa e a imagem do EEG. Depois, quando mostram à pessoa a figura de outro carro, o computador reconhece o padrão do EEG correspondente a um carro.

A vantagem dos sensores de EEG é que são rápidos e não são invasivos. Basta colocar um capacete contendo vários eletrodos direcionados à superfície do cérebro e o EEG identifica rapidamente os sinais que mudam a cada

milissegundo. Mas o problema com os sensores de EEG, com o tempo, é que as ondas eletromagnéticas se deterioram quando atravessam o crânio, e é difícil localizar a origem exata das ondas. Esse método pode dizer se você está pensando num carro ou numa casa, mas não

consegue recriar a imagem do carro. É aí que entra o trabalho do dr. Jack Gallant.

VÍDEOS DA MENTE

O epicentro de grande parte dessa pesquisa é a Universidade da Califórnia em Berkeley, onde comentei meu doutorado em física teórica, anos atrás. Tive o prazer de conhecer o laboratório do dr. Gallant, cuja equipe tinha realizado uma proeza considerada impossível: gravar em fita de vídeo os pensamentos de alguém. “Isso é um salto muito importante para a reconstrução de imagens internas. Estamos abrindo uma janela para ver os filmes da nossa mente”, disse Gallant.

Quando visitei o laboratório, a primeira coisa que notei foi a equipe de jovens pós-doutores e alunos de pós-graduação, todos muito interessados, amontoados diante das telas dos computadores, olhando atentamente para a reconstrução das imagens de uma varredura cerebral. Conversando com a equipe de Gallant, a sensação é de estar testemunhando a construção da história científica.

Gallant me explicou que o indivíduo se deita numa maca que é lentamente introduzida, com o rosto pela cabeça, num aparelho imenso, o mais avançado de RM, que custa mais de 3 milhões de dólares. Ele vê então vários cliques de filmes (com o trailer do YouTube). Para acumular dados suficientes, é preciso ficar imóvel durante horas assistindo aos cliques, uma tarefa realmente árdua.

Perguntei a um pós-doutor, dr. Shinji Nishimoto, com o qual encontravam voluntários dispostos a passar horas e horas imóveis, com apenas fragmentos de vídeos para ocupar o tempo. Ele disse que o pessoal do laboratório, alunos de pós-graduação e pós-doutores, se voluntariavam com o cobaias da sua própria

pesquisa.

Enquanto assistem aos cliques, o aparelho de RM cria uma imagem em 3D do fluxo sanguíneo no cérebro. A imagem produzida pela ressonância magnética parece um grande conjunto de trinta mil pontos, ou vóxeis. Cada voxel representa um pontinho de energia neural, e a cor do ponto corresponde à intensidade do sinal e ao fluxo do sangue. Pontos vermelhos representam locais de grande atividade neural, e pontos azuis representam locais de atividade menor. (A imagem final parece muito com milhares de luzinhas de Natal acesas, na forma de um cérebro. Pode-se ver imediatamente que o cérebro

concentra a maior parte de sua energia mental no córtex visual, situado na parte de trás do cérebro, enquanto assiste aos vídeos.)

O aparelho de IRM de Gallant é tão potente que identifica de duzentas a trezentas regiões do cérebro e mostra imagens instantâneas com cem pontos, em média, em cada região do cérebro. (Um objetivo das futuras gerações de IRM é fornecer uma resolução ainda mais nítida, aumentando o número de pontos por região do cérebro.)

A princípio, esse amontoado de pontos coloridos em 3D parece uma confusão sem nexo. Mas após anos de pesquisa, Gallant e sua equipe desenvolveram uma fórmula matemática que consegue encontrar relações entre certos aspectos da imagem (bordas, texturas, intensidade etc.) e os vóxeis da IRM. Por exemplo: se olharmos para uma linha divisória, notamos que separa áreas mais claras e mais escuras, e a borda gera um certo padrão de vóxeis. E depois de muitos voluntários assistirem a uma grande quantidade de vídeos, essa fórmula matemática é aprimorada, permitindo ao computador analisar com todos esses tipos de imagens são convertidos em vóxeis de IRM. A certa altura, os cientistas conseguiram constatar uma correlação direta entre certos padrões de vóxeis de IRM e aspectos dentro de cada imagem.

Nesse momento, o voluntário assiste a outro trailer. O computador analisa os vóxeis gerados durante a exibição do vídeo e recria uma imagem aproximada da original. Entre os cem cliques, o computador seleciona as imagens mais parecidas com as que o indivíduo acabou de ver e então junta as imagens para criar uma aproximação melhor. Desse modo, o computador é capaz de criar um vídeo difuso das imagens que passam pela mente do sujeito. A fórmula matemática do dr. Gallant é tão versátil que pode tomar um grupo de vóxeis de IRM e convertê-

los numa imagem, ou fazer o inverso, tomar uma imagem e convertê-la em vóxeis de IRM.

Tive a oportunidade de assistir a um vídeo criado pela equipe do dr. Gallant, e foi muito impressionante. Era como assistir com óculos escuros a um filme com rostos, animais, cenas de rua e prédios. Mesmo sem conseguir ver detalhes de cada rosto ou de cada animal, era possível identificar claramente o tipo de objeto.

Esse programa consegue decodificar não só o que está sendo visto, como também as figuras imaginárias circulando na cabeça. Digamos que peçam a você para pensar na *Mona Lisa*. Sabemos, a partir de

varreduras por IRM, que, em um escaneamento que alguém não esteja vendo o quadro com os próprios olhos, o córtex visual do cérebro se acende. O programa do dr. Gallant digitaliza o cérebro enquanto o voluntário está pensando na *Mona Lisa* e depois pesquisa arquivos de dados de imagens, tentando achar a imagem mais aproximada. No experimento a que assisti, o computador selecionou uma imagem da atriz Selma Hayek com o melhor approximation da *Mona Lisa*. Certamente, qualquer pessoa consegue reconhecer com facilidade centenas de rostos, mas o fato de o computador analisar uma imagem dentro do cérebro de alguém e escolher essa imagem, dentre milhares de outras disponíveis, é impressionante.

A finalidade de todo esse processo é criar um dicionário preciso que permita fazer rapidamente a correspondência entre um objeto do mundo real e o padrão da IRM do cérebro. Em geral, é muito difícil obter uma correspondência detalhada, o que pode levar anos, mas algumas categorias são relativamente fáceis de ler, bastando pesquisar fotografias. O dr. Stanislas Dehaene, do Collège de France, em Paris, examinava varreduras por IRM do lobo parietal – onde os números são reconhecidos –, quando um pós-doutor da equipe disse que apenas olhando o padrão de IRM ele podia dizer qual número o sujeito estava vendo. De fato, certos números criavam padrões distintos no mapa de IRM. Ele observa:

“Tomando duzentos voxels nessa área e vendo quais estão ativos e quais estão inativos, pode-se construir um equipamento com a capacidade de decodificar o número que está retido na memória.”

Ainda não sabem os quando conseguirem os obter vídeos de boa qualidade dos nossos pensamentos. Infelizmente, perde-se informação quando a pessoa está visualizando uma imagem. Isso é corroborado pela varredura cerebral. Quando se compara o mapa de IRM de um cérebro que está olhando para uma flor com um mapa de IRM de um cérebro que está pensando numa flor, vê-se

imediatamente que a segunda imagem tem muito menos pontos que a primeira.

Assim, embora essa tecnologia vá se desenvolver muito nos próximos anos, já mais será perfeita. (Certa vez li um conto em que um homem encontra um gênio que se oferece para criar qualquer coisa que o homem imaginar. O

homem pede um carro de luxo, um jatinho e um milhão de dólares. A princípio, o homem fica em êxtase. Mas quando ele vê de perto,

descobre que o carro e o avião não têm motores, e que a imagem do dinheiro está toda borrada. Nada presta. Isso acontece porque nossas lembranças são apenas aproximações das coisas reais.)

Mas, em vista da rapidez com que os cientistas estão conseguindo decodificar os padrões de IRM no cérebro, será que em breve conseguiremos ler palavras e pensamentos circulando na mente?

LENDO A MENTE

Num prédio ao lado do laboratório de Gallant, o dr. Brian Pasley e seus colegas estão literalmente lendo pensamentos – pelo menos em princípio. Uma pós-doutora da equipe, Sara Szczepanski, me explicou com o que eles são capazes de ler palavras na mente.

Os cientistas usaram a tecnologia de ECOG (eletrocorticograma), que é um grande avanço em relação à confusão de sinais produzidos pelo EEG. A

varredura por ECOG é a mais avançada em termos de precisão e resolução, pois os sinais são gravados diretamente do cérebro, sem passar pelo crânio. O

problema é que é preciso remover uma porção do crânio para colocar uma almofada, contendo 64 eletrodos dispostos numa grade 8x8, diretamente no cérebro exposto.

Por sorte, eles conseguiram autorização para conduzir experimentos com o ECOG em pacientes epiléticos que sofriam de convulsões debilitantes. A almofada do ECOG foi colocada no cérebro dos pacientes durante uma cirurgia cerebral realizada por médicos na Universidade da Califórnia em São Francisco, ali perto.

Enquanto os pacientes ouvem diversas palavras, os sinais emitidos pelo cérebro passam pelos eletrodos e são gravados. Fizeram então um dicionário com a correspondência entre as palavras e os sinais que emanavam dos eletrodos colocados no cérebro. Quando uma palavra é falada, vê-se o mesmo padrão elétrico. Essa correspondência significa também que, se alguém está pensando em determinada palavra, o computador pode captar os sinais característicos e identificar a palavra.

Essa tecnologia possibilita ter uma conversa inteiramente telepática. E vítimas de derrame e que ficam totalmente paralisadas podem “falar” através de um sintetizador de voz que reconhece os padrões

cerebrais de cada palavra.

Não é de surpreender que a interface cérebro-máquina (ICM) tenha se tornado um ótimo campo de exploração, com laboratórios em todo o país fazendo descobertas significativas. Resultados semelhantes foram obtidos por cientistas da Universidade de Utah em 2011. Eles colocaram grades, com 16

eletrodos cada um a, no córtex motor facial (que controla os movimentos da boca, lábios, língua e face) e na área de Wernicke, que processa informações sobre linguagem.

Pediram ao paciente que dissesse dez palavras com uns, com o “sim” e “não”,

“quente” e “frio”, “sede” e “fome”, “olá” e “tchau”, “mais” e “menos”. Usando um computador para gravar os sinais cerebrais quando as palavras eram pronunciadas, os cientistas criaram uma correspondência básica uma para uma entre as palavras e os sinais computacionais emitidos pelo cérebro. Depois, quando o paciente dizia certas palavras, eles conseguiam identificar cada uma com uma precisão de 76% a 90%. O passo seguinte é usar grades com 121

eletrodos para se obter uma resolução melhor.

No futuro, esse procedimento poderá ser útil para indivíduos com derrame ou doenças paralisantes, como a doença de Lou Gehrig, que poderão falar usando a técnica do cérebro ao computador.

DIGITANDO COM A MENTE

Na May o Clinic de Minnesota, o dr. Jerry Shih conectou pacientes epiléticos a sensores de ECOG para que aprendessem a digitar com a mente. A calibragem desse equipamento é simples. Mostra-se ao paciente uma série de letras para que ele se concentre mentalmente em cada uma delas. Um computador registra os sinais emitidos pelo cérebro a cada letra observada. Com o tempo, ocorreu com outros experimentos, uma vez criado o dicionário um para um, a tarefa é simples e basta a pessoa pensar numa letra, que essa letra aparece numa tela, por meio apenas do poder da mente.

O dr. Shih, líder desse projeto, diz que a precisão dessa máquina é de quase 100%. Ele acredita que poderá criar um aparelho para gravar imagens, e não somente palavras, que os pacientes tenham na mente. Isso pode ter aplicação para artistas e arquitetos, mas o grande problema da tecnologia de ECOG, com o tempo, é ter que expor o cérebro da pessoa.

Enquanto isso, os digitadores por EEG, por não serem invasivos, estão entrando no mercado. Não têm o rigor e a precisão dos digitadores por ECOG, mas possuem a vantagem de poder ser vendidos em lojas. A Guger Technologies, sediada na Austrália, demonstrou recentemente um digitador por EEG numa feira comercial. Segundo seus representantes, as pessoas podem aprender a operar a máquina em cerca de dez minutos, e podem digitar uma média de cinco a dez palavras por minuto.

TEXTO E MÚSICA POR TELEPATIA

O próximo passo pode ser a transmissão de conversas inteiras, o que pode acelerar muito a transmissão telepática. O problema, porém, é que exige montar um mapa de correspondências um para um entre milhares de palavras e os sinais de EEG, IRM ou ECOG. Mas se alguém puder, por exemplo, identificar os sinais de várias centenas de palavras selecionadas, será capaz de transmitir

rapidamente as palavras mais encontradas numa conversa com um . Isso significa que poderão os pensar em palavras para formar frases ou parágrafos inteiros de

uma conversa, e o computador as digitará.

Seria extremamente útil para jornalistas, ensaístas, romancistas e

poetas, que só precisariam pensar e o computador captaria o ditado pensado. O computador seria também uma espécie de secretário mental. Seria possível dar a esse robô secretário instruções sobre um jantar, uma viagem de avião, ou férias, e ele se encarregaria de tomar as providências e fazer as reservas.

Não só textos, mas também a música poderá um dia ser transcrita por esse meio. Os músicos só precisariam entoar mentalmente uma melodia e o computador faria a transcrição, em notação musical. Para isso, a pessoa entoava uma série de notas, o que gera certos sinais elétricos para cada uma. Mais uma vez, cria-se um dicionário, de modo que, quando a pessoa pensa numa nota musical, o computador a transcreve em notação musical.

Na ficção científica, os telepatas geralmente se comunicam superando as barreiras da língua, porque os pensamentos são considerados universais. No entanto, não é bem assim. Sentimentos e emoções podem ser não verbais e universais, de modo que se pode enviá-los telepaticamente a qualquer um, mas o pensamento racional está tão ligado à linguagem que é muito improvável que pensamentos com plexos ultrapassem a barreira da língua. As palavras ainda seriam enviadas telepaticamente no idioma original.

CAPACETES TELEPÁTICOS

Na ficção científica, encontram-se também muitos capacetes telepáticos. É só colocar e – pronto! – conseguimos o ler a mente de outras pessoas. De fato, o Exército dos Estados Unidos manifestou interesse por essa tecnologia. Sob fogo cerrado, com bombas explodindo por todo lado e balas zunindo sobre a cabeça, um capacete telepático poderia salvar vidas, pois é difícil transmitir ordens no meio do barulho e da fúria do campo de batalha. (Posso dar testemunho disso.

Anos atrás, durante a Guerra do Vietnã, servi na Infantaria dos Estados Unidos no Forte Benning, nos arredores de Atlanta, na Geórgia. Em exercícios com armas, o som de rajadas de balas e granadas explodindo perto de mim era ensurdecedor.

Era tão intenso que eu não ouvia mais nada. Depois fiquei com um zumbido alto nos ouvidos que durou três dias inteiros.) Tendo um capacete telepático, o soldado poderia se comunicar mentalmente com seu pelotão em meio aos estrondos.

Recentemente, o Exército concedeu 6,3 milhões de dólares ao dr.

Gerwin Schalk, do Albany Medical College, m esm o sabendo que um capacete telepático totalm ente funcional está a anos de distância. Schalk faz experim entos com a tecnologia ECOG que, com o vim os, exige que se coloque um a m alha de

eletrodos diretam ente no cérebro exposto. Com esse m étodo, seus com putadores

conseguiram reconhecer as vogais e 36 palavras num cérebro pensante. Em alguns experim entos, ele chegou perto de 100% de precisão. Mas atualm ente isso ainda é im praticável para o Exército dos Estados Unidos, pois exige a rem oção de parte do crânio no am biente lim po e esterilizado de um hospital. Além disso, reconhecer vogais e m eia dúzia de palavras está m uito longe de enviar m ensagens urgentes para o quartel-general sob fogo cruzado. Mas seus

experim entos com o ECOG dem onstraram que é possível se com unicar

m entalm ente num cam po de batalha.

Outro m étodo está sendo explorado pelo dr. David Poeppel, da Universidade de Nova York. Em vez de abrir o crânio, ele em prega a tecnologia MEG, usando pequenas explosões de energia m agnética em vez de eletrodos para criar cargas elétricas no cérebro. Além de não invasiva, a vantagem da tecnologia MEG é m edir com precisão a fugaz atividade neural, em contraste com a varredura por IRM, que é m ais lenta. Em seus experim entos, Poeppel conseguiu registrar atividade elétrica no córtex auditivo quando a pessoa pensa num a certa palavra.

A desvantagem é que essa gravação ainda exige m áquinas grandes, do tam anho de um a m esa, para gerar um pulso m agnético.

Obviam ente, querem os um m étodo não invasivo, portátil e preciso. O dr.

Poeppel espera que seu trabalho com a tecnologia MEG com plem ente o que vem sendo feito com sensores de EEG. Mas a verdadeira telepatia com

capacetes ainda está a anos de distância, porque as varreduras, tanto por MEG

com o por EEG, têm pouca precisão.

IRM NO TELEFONE CELULAR

Hoje, ainda somos os refreados pela natureza relativamente tosca dos instrumentos existentes. Mas, com o passar do tempo, equipamentos cada vez mais sofisticados irão investigar a mente mais a fundo. A próxima grande virada deve ser o IRM

portátil.

O motivo pelo qual os equipamentos atuais de IRM são tão grandes é a

necessidade de um campo magnético uniforme e para se obter uma boa resolução.

Quanto maior o ímã, mais uniforme é a captação, e maior é a precisão das imagens finais. Entretanto, os físicos conhecem as propriedades matemáticas exatas de campos magnéticos (foram definidas pelo físico James Clerk Maxwell nos anos 1860). Em 1993, na Alemanha, o dr. Bernhard Blümich e seus colegas criaram o menor aparelho de IRM no mundo, do tamanho de uma moleta. Utiliza um campo magnético fraco e distorcido, mas supercomputadores conseguem analisar o campo magnético e fazer as correções, de modo que o aparelho produza imagens realistas em 3D. Com a potência dos computadores é

duplicada a imagem ou imagens cada dois anos, eles hoje têm potência suficiente para analisar o campo magnético criado pelo aparelho do tamanho de uma moleta e com pensar a distorção.

Para demonstrar sua máquina, em 2006 Blümich e seus colegas fizeram varreduras por IRM em Ötzi, o “Homem do gelo”, congelado por cerca de cinco mil e trezentos anos, desde o final da última era do gelo. Com o Ötzi foi congelado numa posição peculiar, com os braços afastados do corpo, era difícil enfiá-lo no pequeno cilindro de um aparelho de IRM convencional, mas foi fácil obter fotos com o aparelho de IRM portátil do dr. Blümich.

Esse grupo de físicos estima que, com a potência cada vez maior dos computadores, a máquina de IRM do futuro possa ser do tamanho de um

aparelho celular. Os dados básicos gravados no celular serão enviados

sem fio para um supercomputador que processará os dados do campo magnético fraco e criará uma imagem em 3D. (A fraqueza do campo magnético será compensada pela maior potência computacional.) Isso irá acelerar muito as pesquisas. “Talvez algo como o tricorder de *Jornada nas estrelas* não esteja mais tão longe”, diz o dr.

Blumrich. (O tricorder é um pequeno aparelho de mão para varreduras que dá o diagnóstico instantâneo de qualquer doença.) No futuro, possivelmente haverá computadores mais potentes num consultório médico do que hoje e num hospital universitário bem equipado. Em vez de esperar autorização de um hospital ou universidade para usar uma máquina de IRM caríssima, será possível obter dados na sala de casa, apenas fazendo uma varredura no corpo com o IRM portátil, e passar os resultados por e-mail para o laboratório analisar.

Isso significa também que, no futuro, talvez consigam fazer um capacete telepático de IRM, com resolução imensamente melhor que um equipamento de EEG. Isso poderá funcionar nas próximas décadas da seguinte maneira: dentro do capacete haverá bobinas eletromagnéticas para produzir um campo

magnético fraco e pulsos de rádio sondando o cérebro. Os sinais brutos de IRM

são enviados para um computador de bolso preso no cinto de um comandante. As informações são enviadas por rádio para um servidor localizado longe do campo de batalha. O processamento final dos dados é feito por um supercomputador numa cidade distante. A mensagem retorna, por rádio, para os soldados dele no campo de batalha. A tropa ouve a mensagem, por alto-falantes ou por eletrodos colocados no córtex auditivo dos soldados.

DARPA E O APRIMORAMENTO HUMANO

Em vista dos custos de todas essas pesquisas, pode-se perguntar: Quem está pagando? As em presas privadas apenas recentemente demonstraram interesse

nessas tecnologias de ponta, mas ainda é arriscado para muitas delas financiar pesquisas que talvez não deem retorno. Uma das maiores financiadoras é a Darpa, sigla em inglês para Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa, do Pentágono, que esteve à frente de algumas das importantes tecnologias do século XX.

A Darpa foi implantada pelo presidente Dwight Eisenhower depois que os russos lançaram o Sputnik em órbita, em 1957, deixando o mundo abismado.

Vendo que os Estados Unidos poderiam ser rapidamente ultrapassados em alta tecnologia pela União Soviética, Eisenhower criou a agência, para se manter equiparado aos russos. Com o passar dos anos, os diversos projetos que iniciou cresceram tanto que se tornaram entidades independentes. Uma das primeiras a surgir foi a Nasa.

A estratégia da Darpa parece algo da ficção científica. Sua “única regra é a inovação radical”. A única justificativa para sua existência é “trazer o futuro para o presente”. Os cientistas da agência estão sempre ampliando as fronteiras do que é fisicamente possível. Michael Goldblatt, ex-agente da Darpa, diz que eles tentam não violar as leis da física, “por menos, não propositalmente. Ou por menos não mais que um a por programa”.

Mas o que separa a Darpa da ficção científica é um histórico realmente espantoso. Um dos primeiros projetos, nos anos 1960, foi a Arpanet, uma rede de telecomunicações de guerra para conectar eletronicamente os cientistas aos agentes do governo durante e depois da Terceira Guerra Mundial. Em 1989, a National Science Foundation decidiu que, em vista do colapso do bloco soviético, não era mais necessário manter segredo sobre aquela tecnologia militar confidencial, e praticamente liberou gratuitamente suas plantas e códigos. A Arpanet acabou se tornando a Internet.

Quando a Força Aérea dos Estados Unidos precisou de um meio de guiar seus mísseis balísticos no espaço, a Darpa ajudou a criar o Projeto 57, altamente secreto, concebido para jogar bombas em silos

fixos de mísseis soviéticos numa guerra term nuclear. Mais tarde, tornou-se a base do GPS. Em vez de guiar mísseis, hoje guia motoristas desorientados.

A Darpa tem sido protagonista numa série de invenções que alteraram os séculos XX e XXI, responsável inclusive pelos telefones celulares, óculos de visão noturna, avanços nas telecomunicações e satélites meteorológicos. Tive oportunidade de interagir com cientistas e funcionários da Darpa em várias ocasiões. Uma vez almocei com um ex-diretor da agência numa recepção cheia de cientistas e futuristas. Fiz-lhe uma pergunta que sempre me atormentara: Por que tem os cães para cheirar as bagagens e detectar a presença de explosivos? Certamente, tem os sensores capazes de detectar sinais indicativos de substâncias químicas explosivas. Ele respondeu que a Darpa tinha se dedicado ativamente a essa questão, mas sempre havia esbarrado em sérios problemas

técnicos. Ele disse que o olfato dos cães tinha evoluído durante milhões de anos para ser capaz de detectar até um punhado de moléculas, e é extremamente difícil conseguir essa mesma sensibilidade, mesmo com os sensores modernos. Num futuro próximo, é provável que continuem os a contar com cães nos aeroportos.

Em outra ocasião, um grupo de físicos e engenheiros da Darpa compareceu a uma palestra minha sobre o futuro da tecnologia. Depois perguntei a eles se tinham preocupações específicas. Disseram que uma questão era a imagem da agência junto ao público. A maioria das pessoas nunca ouviu falar da Darpa, mas algumas a associam a conspirações nefastas do governo, passando pelo

acobertamento de OVNI's, Área 51, Caso Roswell, controle do clima etc. Eles lamentaram; se pelo menos os boatos fossem verdadeiros, eles certamente poderiam usar alguma tecnologia alienígena para adiantar muito as pesquisas!

Atualmente, com um orçamento de três bilhões de dólares, a Darpa concentra seus esforços na interface cérebro-máquina. Ao discutir suas possíveis aplicações, o ex-agente da Darpa Michael Goldblatt amplia as fronteiras da imaginação. Ele diz: "Imagine se soldados pudessem se comunicar por meio do pensamento. (...) Imagine a ameaça de um ataque biológico sendo irrelevante. E

por isso mesmo considere um mundo em que aprender seja tão fácil quanto comer, e em que a substituição de partes danificadas do

corpo sej a tão acessível quanto ir a um a lanchonete. Por m ais im possíveis que pareçam essas ideias, por m ais difíceis que sej am essas tarefas, esse panoram a é o trabalho cotidiano do Defense Sciences Office (um ram o da Darpa).”

Na opinião de Goldblatt, os historiadores concluirão que o legado a longo prazo da Darpa será o aprim oram ento hum ano, “nossa força histórica futura”. Ele observa que o slogan do Exército am ericano “Sej a Tudo O Que Você Pode Ser”

ganha um novo significado quando se contem plam as im plicações do

aprim oram ento hum ano. Não é à toa que Michael Goldblatt, na Darpa, está se em penhando tanto no aprim oram ento hum ano. Sua filha sofre de paralisia cerebral e passa a vida confinada num a cadeira de rodas. Com o exige cuidados externos, a doença lhe im pôs lim itações, m as ela sem pre se colocou acim a da adversidade. Frequenta a universidade e sonha em abrir a própria em presa.

Goldblatt reconhece que a filha é sua inspiração. Com o observou Joel Garreau, editor do *Washington Post*, “o que ele está fazendo é gastar incalculáveis m ilhões de dólares para criar o que pode ser o próxim o passo da evolução hum ana. E ele sabe que a tecnologia que está ajudando a criar pode algum dia não só perm itir à sua filha andar, m as ir além disso”.

QUESTÕES DE PRIVACIDADE

Ao ouvir falar pela prim eira vez em m áquinas de leitura da m ente, um leigo pode se preocupar com a privacidade. A ideia de um a m áquina escondida em algum lugar, lendo seus pensam entos m ais íntim os sem perm issão, é aflitiva. A consciência hum ana, com o enfatizam os, envolve contínuas sim ulações do futuro.

Para que essas sim ulações sej am precisas, às vezes im aginam os situações que adentram territórios im orais ou ilegais, e se vam os ou não concretizá-las, preferim os m anter em segredo.

Para os cientistas, a vida seria m ais fácil se eles pudessem ler a m ente das pessoas a distância usando aparelhos portáteis (m elhor do que usar um capacete esquisito ou ter o cérebro cirurgicam ente exposto), m as as leis da física tornam isso difícil dem ais.

Quando perguntei ao dr. Nishim oto, que trabalha no laboratório do dr. Gallant em Berkeley, sobre a questão da privacidade, ele sorriu e respondeu que os sinais de rádio se degradam rapidam ente fora do

cérebro, portanto se tornariam muito difusos e fracos para serem entendidos por qualquer pessoa a metros de poucos metros de distância. Na escola, aprendem as leis de Newton e que a gravidade diminui proporcionalmente ao quadrado da distância, de modo que duplicando sua distância de uma estrela, o campo gravitacional diminui para um quarto. Mas os campos magnéticos diminuem muito mais do que o quadrado da distância. A maioria dos sinais decresce proporcionalmente ao cubo ou à quarta potência da distância, portanto, se duplicarmos a distância entre o objeto e um aparelho de IRM, o campo magnético cai para a fração de um oitavo, ou menos.

Além disso, haveria interferência do mundo externo mascarando os fracos sinais emitidos pelo cérebro. Esta é uma razão pela qual os cientistas exigem condições controladas de laboratório para trabalhar, e mesmo assim até agora só conseguiram extrair algumas letras, palavras ou imagens de um cérebro pensante. A tecnologia não é adequada para registrar a avalanche de

pensamentos que normalmente circulam pela mente enquanto consideramos várias letras, palavras, frases e informações sensoriais. Portanto, usar dispositivos para ler a mente, como se vê no cinema, não é possível hoje e nem será nas próximas décadas.

Num futuro próximo, as varreduras cerebrais continuarão a depender do acesso direto ao cérebro humano em condições de laboratório. Mas, no caso altamente improvável de alguém descobrir uma maneira de ler pensamentos a distância, haverá formas de se defender. Para manter em segredo os

pensamentos mais importantes, você poderá usar um escudo para bloquear as ondas cerebrais, evitando que cheguem aonde não devem. Isso pode ser feito com algo chamado gaiola de Faraday, inventada pelo grande físico inglês Michael Faraday em 1836, em homenagem ao efeito tenha sido observado pela primeira vez por Benjamin Franklin. Em linhas gerais, a eletricidade se dispersa rapidamente ao redor de uma gaiola de metal, de modo que o campo elétrico

dentro da gaiola é zero. Para demonstrar isso, muitos físicos (como eu) já entraram numa jaula metálica na qual foram lançadas enormes faíscas elétricas.

Milagrosamente, saímos ilesos. É por isso que os aviões não são danificados quando atingidos por raios, e é por isso que cabos condutores são blindados por malhas metálicas. Da mesma forma, um escudo telepático consistirá em uma fina camada de metal

colocada em torno da cabeça.

TELEPATIA VIA NANOSSONDAS NO CÉREBRO

Há outro modo de resolver parcialmente a questão da privacidade, bem como a dificuldade de se colocar sensores de ECOG no cérebro. No futuro, talvez seja possível explorar a nanotecnologia, a capacidade de manipular cada átomo, e inserir no cérebro uma rede de nanossondas para captar os pensamentos. As nanossondas podem ser feitas de nanotubos de carbono, que conduzem

eletricidade e são tão finos quanto permitem as leis da física atômica. Esses nanotubos são feitos apenas de átomos de carbono arranjados em um tubo com diâmetro de algumas moléculas. Nanotubos são alvo de grande interesse científico e espera-se que, nas próximas décadas, revolucionem as formas usadas pelos cientistas para investigação do cérebro.

As nanossondas são colocadas nas áreas exatas do cérebro encarregadas de determinadas atividades. Para transmitir a fala e a linguagem, elas são colocadas no lobo tempestual esquerdo. Para processar imagens visuais, são colocadas no tálamo e no córtex visual. As informações são enviadas via nanossondas na amígdala e no sistema límbico. Os sinais das nanossondas são enviados para um

computador pequeno, que processa os sinais e envia, sem fio, as informações para um servidor, e daí para a internet.

A questão da privacidade estará parcialmente resolvida, pois poderemos controlar quando nossos pensamentos deverão ser enviados por cabos ou pela internet. Qualquer curioso que tenha um receptor pode detectar sinais de rádio, mas não os sinais elétricos enviados por um cabo. O problema de abrir o crânio e o estorvo das ECOG também será resolvido com a inserção de nanossondas por microcirurgia.

Alguns autores de ficção científica conjecturaram que, no futuro, todos os bebês terão implantes indolores de nanossondas ao nascer, de modo que a telepatia fará parte do modo de vida deles. Em *Jornada nas estrelas*, por exemplo, os implantes são sempre colocados nas crianças Borg logo que nascem, para se comunicarem telepaticamente com os outros. Essas crianças nem podem imaginar um mundo em que não exista a telepatia. Presumo que telepatia é a regra.

Com essas nanossondas são minúsculas, seriam invisíveis, não haveria

rejeição social. Em bora a sociedade possa repelir a ideia de ter sondas perm anentes no cérebro, os autores de ficção científica acham que as pessoas se acostum arão devido à grande utilidade delas, da m esm a form a que os bebês de proveta são hoj e bem aceitos, apesar da controvérsia inicial a respeito.

QUESTÕES LEGAIS

Num futuro não m uito distante, a questão não é se alguém será capaz de ler nossos pensam entos secretam ente com um dispositivo rem oto escondido, m as se vam os perm itir que nossos pensam entos sej am registrados. Então, o que acontecerá se alguém sem escrúpulos tiver acesso, sem autorização, aos nossos arquivos? Isso levanta um a questão ética, pois não querem os que nossos pensam entos sej am lidos contra nossa vontade. O dr. Brian Pasley diz: “Há questões éticas, não com relação à pesquisa em curso, m as com seus possíveis desdobram entos. É preciso haver um equilíbrio. Se, de algum m odo, puderm os decodificar instantaneam ente os pensam entos de alguém , isso poderá trazer grandes benefícios para m ilhares de pessoas com danos graves e que não estão conseguindo se com unicar nesse m om ento. Por outro lado, há um a grande preocupação de que isso possa ser aplicado a quem não quer.”

Quando for possível ler a m ente e fazer gravações, vão surgir inúmeras questões éticas e legais. Isso acontece sem pre que é introduzida um a nova tecnologia. Historicam ente, costum a levar anos até que se faça um a lei para dar conta de todas as im plicações.

Por exem plo: as leis de direitos autorais terão que ser refeitas. O que acontece se alguém roubar sua invenção porque leu seus pensam entos? Vai ser possível patentear pensam entos? A quem realm ente pertence a ideia?

Outro problem a ocorre se o governo estiver envolvido. Com o disse John Perry Barlow, poeta e letrista da banda Grateful Dead: “Confiar no governo para proteger sua privacidade é o m esm o que pedir a um *voyeur* para instalar persianas nas j anelas da sua casa.” A polícia terá autoridade para ler seus pensam entos num interrogatório? Já existem casos na j ustiça com pareceres sobre suspeitos que se recusam a se subm eter a um exam e de DNA. No futuro, o governo poderá ler seus pensam entos sem a sua autorização? E se puder, eles serão lícitos num tribunal de j ustiça? Até que ponto serão confiáveis? Da m esm a form a que os detectores de m entiras por IRM m edem apenas o aum ento da atividade cerebral, é im portante notar que pensar sobre um crim e e realm ente com eter um crim e são duas coisas m uito

diferentes. Durante o julgamento, o advogado de defesa pode argumentar que eram apenas pensamentos ao acaso, fantasias, e nada mais.

Outra área cinzenta concerne aos direitos de pessoas com paralisia. Se quiserem fazer um testamento, uma declaração, a varredura cerebral será suficiente para lavrar um documento legal? Suponham os que uma pessoa totalmente paralisada tenha uma mente ágil, em plena atividade, e queira assinar um contrato ou gerenciar suas finanças. Esses documentos terão valor legal, sabendo-se que a tecnologia pode não ser perfeita?

Não há lei da física para resolver tais questões éticas. Em última instância, quando as tecnologias tiverem amadurecido, essas questões terão que ser decididas no tribunal, pelo juiz e o júri.

Até lá, governos e corporações terão que inventar meios de impedir espionagem mental. A espionagem industrial já é uma indústria milionária, com governos e corporações construindo “salas cofre” caríssimas,

cuidadosamente examinadas contra aparelhos de escuta e gravação. No futuro (supondo que seja criado um método de captar ondas cerebrais a distância), as salas cofre terão que ser projetadas de modo que sinais cerebrais não possam vazarem acidentalmente para o mundo externo. Terão paredes metálicas, formando uma gaiola de Faraday para isolar seu interior.

Cada vez que uma forma de radiação foi explorada, houve tentativas de usá-la para espionagem. As ondas cerebrais provavelmente não serão exceção. O caso mais famoso envolveu um minúsculo aparelho de micro-ondas escondido no Grande Selo dos Estados Unidos na embaixada americana em Moscou. De 1945

a 1952, o aparelho transmitiu mensagens altamente secretas de diplomatas americanos diretamente para os soviéticos. Mesmo durante a Crise de Berlim em 1948 e a Guerra da Coreia, os soviéticos usaram esse grampos para decifrar os planos dos Estados Unidos. Os segredos estariam vazando até hoje, mudando o curso da Guerra Fria e a história mundial, se a artimanha não tivesse sido descoberta acidentalmente por um engenheiro britânico, que ouviu conversas secretas numa estação de rádio aberta. Os engenheiros dos Estados Unidos ficaram horrorizados quando desmontaram o aparelho. Eles não tinham

conseguido detectá-lo durante anos porque era passivo, não precisava

de nenhum a fonte de energia. (Os soviéticos, muito espertos, conseguiram mantê-lo em segredo porque o aparelho era energizado por feixes de micro-ondas de uma fonte distante.) No futuro, é possível que sejam construídos dispositivos de espionagem para interceptar ondas cerebrais também.

Em boa medida dessa tecnologia ainda esteja numa fase primitiva, a telepatia vem se tornando lentamente um fato da vida. No futuro, poderemos interagir com o mundo por meio da mente. Mas os cientistas querem ir além da leitura da mente, porque a leitura ainda pertence à esfera da passividade. Querem ter o papel ativo de sobre objetos com a mente. A telecinesia é um poder geralmente atribuído aos deuses. É o poder divino de moldar a realidade segundo sua vontade. É a mais alta expressão de nossos pensamentos e desejos.

Em breve, conseguirão isso também.

O perigo faz parte do desenvolvimento do futuro. (...) Os principais avanços da civilização são processos que por pouco não arrasaram as sociedades em que ocorrem.

– ALFRED NORTH WHITEHEAD

4 TELEKINESIA – A MENTE CONTROLANDO A MATÉRIA

Cathy Hutchinson está presa dentro do próprio corpo. Ela tem paralisia desde os 14 anos, em consequência de um grave derrame. Tetraplégica, ela vive com outros ilhados de pacientes “presos”, que perderam o controle da maioria dos músculos e funções corporais. Passa a maior parte do dia imóvel, precisa da assistência de enfermeiros, mas tem a mente lúcida. É uma prisioneira do próprio corpo.

Mas, em maio de 2012, sua sorte mudou radicalmente. Cientistas da

Universidade de Brown colocaram na parte superior de seu cérebro um pequeno chip, chamado Braingate, conectado por cabos a um computador. Os sinais do cérebro são transmitidos pela máquina a um braço mecânico robótico. Usando apenas o pensamento, ela aprende gradualmente a controlar os movimentos do braço para conseguir, por exemplo, pegar uma garrafa de água e levá-la à boca.

Pela primeira vez, ela é capaz de ter algum controle sobre o mundo ao seu redor.

Com o não conseguir falar, teve que comunicar seu entusiasmo

fazendo

m ovim entos com os olhos. Um dispositivo acom panha seus olhos e traduz os m ovim entos em m ensagens digitadas. Quando lhe perguntaram com o se sentia, após anos de aprisionam ento num a concha cham ada corpo, ela respondeu

“extasiada!”. Ansiando pelo dia em que seus outros m em bros sej am conectados ao cérebro por m eio do com putador, ela acrescentou: “Eu adoraria ter um a perna robótica.” Antes do derram e, ela gostava m uito de cozinhar e cuidar do j ardim . “Sei que algum dia isso voltará a acontecer”, ela disse. Devido ao ritm o dos avanços no cam po de próteses cibernéticas, seu desej o pode se realizar em breve.

O professor John Donoghue e seus colegas na Universidade de Brown e na

Universidade de Utah criaram um m inúsculo sensor que funciona com o um a ponte para quem não pode m ais se com unicar com o m undo externo. Quando o entrevistei, ele m e disse: “Pegam os um pequeno sensor, do tam anho de um a aspirina infantil, quatro m ilím etros, e im plantam os na superfície do cérebro. Tem noventa e seis ‘cabelinhos’, ou eletrodos, que captam os im pulsos cerebrais. Ele pode captar sinais da intenção da pessoa para m over o braço. Escolhem os o braço por causa de sua im portância.” Com o o córtex m otor vem sendo m apeado m inuciosam ente há décadas, é possível colocar o chip diretam ente sobre os neurônios que controlam m em bros específicos.

O segredo do Braingate está na conversão dos sinais neurais do chip em

com andos definidos para m over obj etos, a com eçar pelo cursor na tela do com putador. Donoghue m e contou que faz isso pedindo ao paciente para

im aginar o m ovim ento do cursor, por exem plo, para a direita. Em poucos m inutos, os sinais cerebrais correspondentes ao ato são gravados. Dessa m aneira, sem pre que o com putador detectar e reconhecer um sinal cerebral com o aquele,

deve m over o cursor para a direita.

Então, cada vez que essa pessoa pensa em m over o cursor para a direita, o com putador obedece. Assim se cria um m apa de correspondências exatas entre certas ações que o paciente im agina e

cada ato propriamente dito. O paciente passa a controlar o movimento do cursor geralmente na primeira tentativa.

O Braingate abre a porta para um novo mundo de neuropróteses, permitindo que uma pessoa paralisada movimente membros artificiais com a mente. Além disso, o paciente pode se comunicar diretamente com amigos e parentes. A primeira versão desse chip, testada em 2004, foi concebida para pacientes paraplégicos se comunicarem com um computador portátil. Pouco depois esses pacientes estavam navegando na internet, lendo e escrevendo e-mails, e controlando a cadeira de rodas.

Mais recentemente, uma neuroprótese foi ligada aos olhos do cosmólogo Stephen Hawking. Com o sensor de EEG, esse dispositivo conecta pensamentos a um computador, de modo que ele possa manter contato com o mundo externo.

Ainda é bem primitivo, mas com o tempo, os dispositivos com essa finalidade ficarão muito mais sofisticados, sensíveis e com mais canais.

Donoghue me disse que esses avanços podem ter um profundo impacto na vida dos pacientes: “Outra utilidade é que se pode conectar o computador a qualquer aparelho – torradeira, cafeteira elétrica, ar-condicionado, interruptor de luz, máquina de escrever. Hoje é realmente muito fácil fazer isso, e muito barato.

Um tetraplégico que não consegue se mexer conseguirá usar o canal da televisão, acender a luz, e tudo isso sem precisar da ajuda de ninguém.” Virá o tempo em que eles serão capazes de fazer tudo o que faz uma pessoa normal, via computadores.

SOLUÇÃO PARA LESÕES NA MEDULA ESPINHAL

Vários laboratórios estão entrando nessa área. Outra descoberta importante foi feita por cientistas da Northwestern University, que conectaram o cérebro de um macaco ao próprio braço, fazendo um desvio, sem passar pela medula espinhal lesionada. Em 1995, houve o triste caso de Christopher Reeve, que voava pelos ares nos filmes de *Super-Homem* e ficou tetraplégico devido a uma lesão na medula espinhal. Ele teve a infelicidade de cair do cavalo e aterrissar sobre o pescoço, lesionando a coluna logo abaixo da cabeça. Se tivesse vivido mais tempo, poderia ter conhecido o trabalho de cientistas que buscam uma forma de usar o computador para substituir a medula espinhal. Somente nos Estados Unidos, mais de 200 mil pessoas têm

algum tipo de lesão na coluna. No passado, essas pessoas teriam um horrível pouco depois do acidente, mas, com os avanços no

tratamento de traumas agudos, o número de sobreviventes a essas lesões realmente cresceu nos últimos anos. Também nos afligem as imensas legiões de milhares de soldados vítimas de minas terrestres no Iraque e Afeganistão. E se incluirmos o número de pacientes com paralisias por derrame e outras doenças, com a esclerose lateral amiotrófica (ELA), esse número sobe para dois milhões.

Os cientistas da Northwestern University colocaram um chip de 100 eletrodos diretamente no cérebro de um macaco. Os sinais cerebrais foram

inútilmente registrados quando o macaco pegou uma bola, levantou-a, e a colocou dentro de um tubo. Com cada uma dessas ações corresponde a uma ativação específica de neurônios, os cientistas conseguiram, gradualmente, decodificar os sinais.

Quando o macaco queria mover o braço, os sinais eram processados por um computador usando esse código, e em vez de enviar as mensagens para um braço mecânico, enviavam os sinais diretamente para os nervos do braço do macaco. “Estão interceptando os sinais elétricos naturais do cérebro, que dizem ao braço e à mão com o que devem se mover, e enviando esses sinais diretamente para os músculos”, diz o dr. Lee Miller.

Por tentativa e erro, o macaco aprendeu a coordenar os músculos do braço.

“Há um processo de aprendizado motor muito semelhante ao que você passa quando usa um computador novo, um mouse diferente, ou uma outra raquete de tênis”, acrescenta o dr. Miller.

É notável que o macaco tenha conseguido dominar tantos movimentos do braço, dado que o chip no cérebro só tinha cem eletrodos. O dr. Miller observa que milhões de neurônios estão envolvidos no controle do braço. O motivo de 100

eletrodos conseguirem gerar uma aproximação razoável do trabalho de milhões de neurônios é que o chip se conecta aos neurônios finais, depois que todo o processamento complexo já foi realizado pelo cérebro. Sem necessidade de uma análise mais sofisticada, os 100 eletrodos são responsáveis simplesmente por fornecer a informação ao braço.

Esse dispositivo é um dos vários que estão sendo desenvolvidos pela universidade, para permitir aos pacientes contornar a lesão na medula espinhal.

Outra prótese neural usa o movimento dos ombros para controlar o braço.

Encolher os ombros para cima faz a mão se fechar. Abaixar os ombros faz a mão se abrir. O paciente pode também dobrar os dedos para segurar um objeto, com o um copo, ou manipular uma chave presa entre o polegar e o indicador.

O dr. Miller conclui: “Essa conexão do cérebro aos músculos poderá um dia ser usada para ajudar pacientes imobilizados por lesões na medula a

desempenhar atividades do dia a dia e a ter maior independência.”

A REVOLUÇÃO DAS PRÓTESES

Grande parte da verba para essas importantes descobertas vem de um projeto da Darpa chamado Revolutionizing Prosthetics [Revolucionando Próteses], com um fundo de 150 milhões de dólares que financia esses trabalhos desde 2006. Um dos propulsores do projeto é o coronel reformado do Exército dos Estados Unidos Geoffrey Ling, neurologista que serviu muitos anos no Iraque e no Afeganistão.

Ele testemunhou horrorizado a carnificina produzida por minas terrestres nos campos de batalha. Em guerras anteriores, muitos desses corajosos soldados teriam morrido no local, mas hoje, com o uso de helicópteros e maior infraestrutura médica para remoção de feridos, muitos sobrevivem, apesar das graves lesões. Mais de 1.300 com batentes retornaram do Oriente Médio

utilizados.

O dr. Ling se perguntou se haveria um meio científico de substituir esses membros perdidos. Financiada pelo Pentágono, ele pediu à sua equipe para apresentar soluções concretas num prazo de cinco anos. Esse pedido foi recebido com incredulidade. Ele recorda: “Acharam que estavam os loucos. Mas é na loucura que as coisas acontecem.”

Estimulado pelo entusiasmo ilimitado do dr. Ling, sua equipe fez muitos ilagres no laboratório. Por exemplo: o projeto Revolucionando Próteses financiou cientistas do Laboratório de Física Aplicada da

Universidade Johns Hopkins, criadores do braço mecânico mais avançado da Terra, que faz quase todos os movimentos delicados de dedos, mãos e braços em três dimensões. A prótese tem os mesmos tamanho, força e agilidade de um braço humano. Em bora seja feito de aço, se for coberto de plástico da cor da pele é quase indistinguível de um braço verdadeiro.

O braço foi ligado a Jan Sherman, uma tetraplégica com uma doença genética que destruiu a conexão entre o cérebro e o corpo, deixando-a completamente paralisada do pescoço para baixo. Na Universidade de Pittsburgh, foram

colocados eletrodos diretamente na parte superior do cérebro dela, conectados a um computador e a um braço mecânico. Cinco meses após a cirurgia, Jan foi ao programa *60 Minutes*. Em rede nacional, ela usou o braço acenando alegremente para o público e cumprimentando o apresentador com um aperto de mão.

Cumprimentou-o até com um soquinho de mão fechada para mostrar como o braço era sofisticado.

Ling diz: “Meu sonho é conseguirmos colocá-lo em todo tipo de paciente, com derrame, paralisia cerebral e idosos.”

A TELECINESIA EM NOSSA VIDA

Não só os cientistas, mas também os empresários estão de olho na interface cérebro-máquina (ICM). Querem incorporar rapidamente muitos desses inventos a seus planos de negócios. A ICM já penetrou no mercado jovem, na forma de videogames e brinquedos que usam sensores EEG para controlar objetos com a mente, tanto na realidade virtual como no mundo real. Em 2009, a NeuroSky comercializou o primeiro brinquedo com sensores EEG, o Mindflex, criado especificamente para mover uma bola através de um labirinto. Enquanto se usa o EEG Mindflex, a concentração aumenta a velocidade de um ventilador dentro do labirinto para impulsionar a bolinha pelos caminhos.

Os videogames controlados pela mente estão com o estouro no

mercado. Há 1.700 desenvolvedores de softwares trabalhando na NeuroSky, muitos deles dedicados aos acessórios Mindwave Mobile, com um orçamento de 129 milhões de dólares. Esses videogames vêm com um pequeno sensor de EEG

portátil que é colocado em torno da testa e permite navegar na realidade virtual, onde os movimentos de um avatar são controlados mentalmente. Enquanto manobram o avatar na tela, podem os usar armas de fogo, fugir do inimigo, passar de nível, marcar pontos etc., com o mesmo qualquer videogame e com um, exceto que não precisam os usar as mãos.

“Haverá um ecossistema inteiro de novos jogadores, e a NeuroSky está muito bem posicionada para ser com o a Intel dessa nova indústria”, afirma Alvaro Fernandez, da empresa de pesquisa de mercado SharpBrains. Além de disparar armas virtuais, o capacete de EEG também é capaz de acusar quedas de atenção. A NeuroSky vem sendo consultada por empresas preocupadas com acidentes de trabalhadores que perdem a concentração enquanto operam

máquinas perigosas, ou que adormecem ao volante. Essa tecnologia pode salvar vidas, alertando o trabalhador ou o motorista quando estiver perdendo a concentração. O capacete de EEG pode tocar um alarme e quando a pessoa

começa a cochilar.

No Japão, o capacete já é moda em festas. Os sensores de EEG têm forma de orelhas de gato quando colocados na cabeça. As orelhas se levantam quando a atenção está concentrada e se abaixam quando dispersa. Nas festas, pode ser usado para indicar uma paquera som ente com o pensamento, e assim as pessoas sabem se estão impressionando alguém.

Mas talvez a maior novidade na aplicação dessa tecnologia seja a pesquisa do dr. Miguel Nicolelis, da Duke University. Quando o entrevistei, ele disse que acha possível produzir muitos dispositivos encontrados somente na ficção científica.

FUSÃO INTELIGENTE DE MÃOS E MENTES

Nicolelis mostrou que a interface cérebro-máquina é capaz de atravessar continentes. Ele colocou um macaco numa esteira rolante, com um chip no cérebro do animal conectado à internet. Em Kioto, no Japão, do outro lado do planeta, os sinais emitidos pelo macaco são usados para fazer um robô andar. Ao andar na esteira na Carolina do Norte, nos Estados Unidos, o macaco controla o robô no Japão, que executa os movimentos de caminhada. Usando apenas os sensores no cérebro e uma guloseima de recompensa, Nicolelis treinou esses macacos para controlar um robô humanoide chamado CB-1, no outro lado do mundo.

Agora ele está às voltas com um dos principais problemas da interface cérebro-máquina: a falta de sensibilidade. As próteses de mãos atuais não têm sensação tátil e, portanto, parecem estranhas ao corpo. Como não há tato, podem acidentalmente machucar os dedos de alguém num aperto de mãos. Pegar uma casca de ovo com um braço mecânico é praticamente impossível.

Nicolelis espera contornar esse problema com uma interface direta de cérebro a cérebro. Nesse invento, as mensagens do cérebro são enviadas ao braço mecânico que, com seus sensores, devolve as mensagens diretamente para o cérebro, sem percorrer o tronco encefálico. Essa máquina de interface cérebro-máquina-cérebro (ICMC) possibilitaria um mecanismo de feedback livre, direto, permitindo a sensação de tato.

Nicolelis começou por ligar o córtex motor de macacos rhesus a braços mecânicos. Tais braços têm sensores que enviam sinais de volta ao cérebro por meio de eletrodos conectados ao córtex somatossensorial (que registra o sentido do tato). Os macacos recebiam uma guloseima após cada tentativa bem-sucedida.

sucedida, e aprendiam a usar esse aparato depois de quatro a nove tentativas.

Para conseguir isso, Nicolelis inventou um código para representar diferentes superfícies (lisas ou ásperas). Ele disse que “após um mês de treinamento essa parte do cérebro aprende o código artificial que criamos e com ele a associá-lo às diferentes texturas. Isso é um primeiro demonstração de que podemos criar um canal sensorial”, que simula as sensações da pele.

Falei com ele que essa ideia parecia o “holodeck” de *Jornada nas estrelas*, em que os personagens passeiam num mundo virtual, mas quando esbarram em objetos virtuais os sentem como se fossem reais. Isso é chamado “tecnologia háptica”, que usa tecnologia digital para simular o sentido do tato. Nicolelis respondeu: “Sim, acho que é um primeiro demonstração de que algo como o holodeck possa ser criado num futuro próximo.”

O holodeck do futuro pode usar uma combinação das duas tecnologias.

Primeiro, as pessoas no holodeck usam lentes de contato ligadas à internet de modo a enxergar um mundo virtual inteiramente novo para onde quer que olhem. O cenário nas lentes de contato muda instantaneamente ao toque de um botão. E se a pessoa tocar em qualquer objeto nesse mundo virtual, os sinais

enviados ao cérebro simulam a sensação de toque, usando a tecnologia de interface cérebro-máquina-cérebro. Desse modo, objetos no mundo virtual visto através das lentes de contato parecerão sólidos.

A interface cérebro-cérebro possibilitaria não só a tecnologia háptica, mas também uma “internet da mente”, ou uma mente, com contato direto de cérebro a cérebro. Em 2013, Nicolelis realizou algo saído diretamente de *Jornada nas estrelas*, uma “fusão mental” de dois cérebros. Ele conseguiu com dois grupos de ratos, um na Duke University e outro em Natal, no Brasil. O

primeiro grupo aprendeu a pressionar uma alavanca quando via uma luz vermelha. O segundo grupo aprendeu a pressionar a alavanca quando seu

cérebro era estimulado por um sinal enviado por meio de um implante. A recompensa por apertar a barra era um gole de água. Depois, Nicolelis conectou os córtices motores dos cérebros dos dois

grupos à internet por meio de um fio fino.

Quando o primeiro grupo de ratos viu a luz vermelha, foi enviado um sinal via internet para o segundo grupo, no Brasil, que então pressionou a alavanca. Em sete de dez tentativas, o segundo grupo de ratos respondeu aos sinais enviados pelo primeiro grupo. Foi a primeira demonstração de que sinais podem ser enviados e interpretados corretamente entre dois cérebros. Falta muito para a fusão mental da ficção científica, em que dois cérebros se fundem em um só, porque o processo ainda é primitivo e a amostra é pequena, mas essa já é uma prova do princípio de que uma mente é possível.

Em 2013, outro passo importante aconteceu quando cientistas foram além dos estudos com animais e demonstraram a primeira comunicação humana direta cérebro a cérebro, com um cérebro humano enviando uma mensagem a outro via internet.

Esse marco foi atingido na Universidade de Washington, com um cientista enviando um sinal cerebral (movendo seu braço direito) a outro cientista. O primeiro cientista usou um capacete EEG e, jogando um videogame, disparou um canhão imaginando mover o braço direito, mas tomou o cuidado de não movê-lo fisicamente.

O sinal do capacete de EEG foi enviado pela internet para outro cientista, que estava usando um capacete magnético transcraniano colocado exatamente sobre a parte do cérebro que controla o braço direito. Quando o sinal chegou ao segundo cientista, seu capacete enviou um pulso magnético ao cérebro, o que fez seu braço direito se mover sozinho, involuntariamente. Assim, por controle remoto, um cérebro humano pode controlar o movimento de outra pessoa.

Essa descoberta abre uma série de possibilidades, com o trocar mensagens não verbais via internet. Talvez um dia você possa enviar a experiência de dançar um tango, fazer *bungee jumping* ou pular de paraquedas à sua lista de contatos de e-mail. Não apenas atividade física, mas também sentimentos e emoções poderão

ser enviados por comunicação cérebro a cérebro.

Nicolelis prevê o dia em que as pessoas do mundo inteiro poderão participar de redes sociais, não usando teclados, mas por meio da mente. Em vez de enviar e-mails, os usuários da mente poderão trocar pensamentos, emoções e ideias telepaticamente, em tempo real. Hoje é um telefonema apenas a transmissão da conversa e o tom de voz, nada mais. A videoconferência é um pouco

m elhor, pois perm ite ler a linguagem corporal da pessoa do outro lado.

Mas a m entenet seria a grande revolução nas com unicações, tornando possível com partilhar num a conversa toda a inform ação m ental, incluindo em oções, nuances e ressalvas. As m entes poderão trocar seus pensam entos e sentim entos m ais íntim os.

ENTRETENIMENTO DE IMERSÃO TOTAL

O desenvolvim ento da m entenet poderá tam bém ter um im pacto na indústria m ultibilionária do entretenim ento. Nos anos 1920, a tecnologia para gravação de som e im agem em fita foi aperfeiçoada. Isso transform ou a indústria do entretenim ento com a transição do cinem a m udo para o falado. Essa fórm ula básica de com binar som e im agem não m udou m uito no século passado. Mas no futuro tal indústria poderá fazer a próxim a transição, gravando os cinco sentidos, incluindo cheiro, paladar e tato, além de toda a gam a de em oções. Sondas telepáticas poderão m anej ar todos os sentidos e em oções que circulam no cérebro, produzindo um a im ersão com pleta do público na história. Ao assistir a um film e de am or ou de suspense, nadarem os num m ar de sensações, com o se estivessem os realm ente lá, vivenciando as torrentes de sentim entos e em oções dos atores. Poderem os sentir o perfum e da m ocinha, o pavor da víctim a num film e de terror e o prazer ao derrotar o bandido.

Essa im ersão im plica um a m udança radical no m odo de fazer film es.

Prim eiro, os atores vão precisar aprender a atuar com sensores de EEG/IRM e nanossondas gravando suas em oções e sensações. Isso trará um trabalho a m ais para os atores, que precisarão atuar em cada cena sim ulando os cinco sentidos. É

verdade que alguns atores não conseguiram fazer a transição do cinem a m udo para o falado, m as talvez um a nova geração de atores possa atuar com os cinco sentidos. A edição exigirá não só cortar e colar o film e, m as com binar a gravação das várias sensações em cada cena. E por fim , o público, sentado confortavelm ente, receberá todos esses sinais elétricos no cérebro. Em vez de óculos de 3D, os espectadores usarão algum tipo de sensor cerebral. As salas de cinem a tam bém terão que ser reequipadas para processar esses dados e enviá-

los ao público.

CRIANDO A MENTENET

A criação de uma mente capaz de transmitir essas informações precisará ser feita em etapas. O primeiro passo é inserir nanossondas em partes importantes do cérebro, com o lobo tempestivo esquerdo, que controla a linguagem, e o lobo occipital, que controla a visão. Depois os computadores analisam e decodificam os sinais, e a informação é enviada pela internet, por cabos de fibra óptica.

Mais difícil seria inserir esses sinais no cérebro de outra pessoa, onde seriam processados por um receptor. Até o momento, o progresso nessa área se concentrou apenas no hipocampo, mas no futuro será possível inserir mensagens diretamente em outras partes do cérebro, correspondentes à sensibilidade ao som, luz, toque *etc.* Portanto, os cientistas ainda terão muito o que fazer para apegar os córtices cerebrais envolvidos nesses sentidos. Uma vez apeados os córtices – com o hipocampo, que discutiremos no próximo capítulo –, será possível inserir em outro cérebro palavras, pensamentos, lembranças e experiências.

Nicolelis escreve que “não é inconcebível que nossa descendência humana consiga de fato reunir a técnica, a tecnologia e a ética necessárias para estabelecer uma mente funcional, um meio pelo qual bilhões de seres humanos estabeleçam, consensualmente, um contato direto e contínuo com outros através apenas do pensamento. O que esse volume e colossal de consciência coletiva poderá parecer, suscitar ou fazer, nem eu, nem ninguém hoje, é capaz de imaginar ou expressar”.

A MENTE E A CIVILIZAÇÃO

Uma mente pode até mudar o curso da própria civilização. Toda vez que um novo sistema de comunicação foi introduzido provocou uma irrevogável aceleração de mudanças na sociedade, transportando-nos para a era seguinte. Na pré-história, durante milhares de anos nossos ancestrais foram nômades, andando em pequenas tribos, comunicando-se com os outros por linguagem corporal e grunhidos. A chegada da linguagem nos permitiu, pela primeira vez, comunicar símbolos e ideias com palavras, o que facilitou o crescimento de vilas, e depois, de cidades. Nos últimos milhares de anos, a linguagem escrita nos permitiu acumular conhecimento e cultura através das gerações, possibilitando a ascensão da ciência, das artes, da arquitetura e de importantes meios. O surgimento do telefone, rádio e TV estenderam o alcance da comunicação a continentes. Hoje a internet torna possível a ascensão de uma civilização planetária que ligará todos os continentes e pessoas do mundo inteiro. O próximo passo gigantesco será uma

m entenet planetária, em que o espectro com pleto dos sentidos, em oções, lem branças e pensam entos será com partilhado em escala global.

“SEREMOS PARTE DO SISTEMA OPERACIONAL”

Quando entrevistei Nicolelis, ele disse que se interessou por ciência m uito cedo, ainda no Brasil, onde cresceu. Ele se lem bra de ter visto o lançam ento da Apollo à Lua, o que capturou a atenção do m undo. Para ele, foi um a proeza espantosa. E

agora, disse ele, seu próprio “lançam ento à Lua” é poder m over um obj eto com a m ente.

Ele com eçou a se interessar pelo cérebro ainda no ensino m édio, onde achou um livro de Isaac Asim ov intitulado *O cérebro humano*, de 1964. Mas ficou decepcionado no fim do livro. Não havia um a discussão sobre com o todas as estruturas interagiam entre si para criar a m ente (porque ninguém sabia a resposta na época). Esse m om ento m udou sua vida e ele soube que seu destino seria tentar entender os segredos do cérebro.

Cerca de dez anos atrás, ele m e contou, com eçou a pensar seriam ente em realizar a pesquisa de seu sonho de infância. Com eçou fazendo um ratinho controlar um dispositivo m ecânico. “Colocam os no rato sensores que liam sinais elétricos em itidos pelo cérebro. Depois transm itim os esses sinais para um a pequena alavanca robótica que trazia água de um a fonte para a boca do rato.

Assim o anim al tinha que aprender a m over m entalm ente o dispositivo robótico para beber a água. Foi a prim eira dem onstração de todos os tem pos de que se pode conectar um anim al a um a m áquina de m odo a conseguir operar a m áquina sem m over o próprio corpo”, ele explicou.

Hoj e ele consegue analisar não apenas 50, m as 1.000 neurônios no cérebro de um m acaco, que podem reproduzir vários m ovim entos de diferentes partes do corpo. Assim o m acaco consegue controlar diversos dispositivos, com o braços m ecânicos, e até im agens virtuais no ciberespaço. “Tem os até um avatar m acaco que pode ser controlado pelos pensam entos do anim al, sem que precise fazer qualquer m ovim ento”, ele disse. Isso é feito com o m acaco assistindo a um vídeo em que há um avatar representando seu corpo. Depois, com andando m entalm ente o m ovim ento de seu corpo, o m acaco faz o avatar se m over da m aneira correspondente.

Nicolelis prevê o dia num futuro próximo o em que jogarem os videogames e controlarem os computadores e outros aparelhos com a mente. “Serem os parte do sistema operacional dessas máquinas. Ficarem os imersos nelas por meio de mecanismos muito similares aos experimentos que estou descrevendo.”

EXOESQUELETOS

O próximo empreendimento do dr. Nicolelis é o Projeto Andar de Novo. Sua meta é nada menos que um exoesqueleto completo para o corpo, controlado pela mente. Nesse primeiro momento, o exoesqueleto parece ter saído de filmes do *Homem de ferro*. Na verdade, é um traje especial que encapsula o corpo inteiro, de maneira que os braços e as pernas podem ser movidos por meio de motores.

Ele o chama de “robô vestível”. (Ver Figura 10.)

Seu objetivo, diz Nicolelis, é ajudar os paraplégicos a “andar com o pensamento”. Ele planeja usar tecnologia sem fio, “para que não fique nada espetado fora da cabeça. (...) Vão os alistar de vinte a trinta mil neurônios para comandarem uma vestimenta robótica de corpo inteiro. E, com o pensamento, o paciente poderá andar de novo e pegar objetos”.



Figura 10. O dr. Nicolelis espera que este exoesqueleto seja controlado pela mente de um tetraplégico.

Nicolelis sabe que precisa vencer uma série de obstáculos até o exoesqueleto se tornar realidade. Primeiro, é preciso criar uma nova geração de microchips que possam permanecer no cérebro com segurança durante anos. Segundo, é preciso criar sensores sem fio para o exoesqueleto andar sem empêcos. Os sinais do cérebro são recebidos sem fio por um computador do tamanho de um

telefone celular, que provavelmente ficará preso em um cinto. Terceiro, serão necessários novos avanços para decifrar e interpretar sinais cerebrais via computador. Para os macacos, bastaram poucas centenas de neurônios para controlar os braços mecânicos. Para humanos, será preciso, no mínimo, muitos milhares de neurônios para controlar um braço ou uma perna. E quarto, é preciso encontrar uma fonte de energia que seja portátil e potente o bastante para ativar o exoesqueleto inteiro.

A meta de Nicolelis era muito ousada: ter o exoesqueleto pronto para a Copa do Mundo de 2014 no Brasil, onde um brasileiro tetraplégico deu o chute inicial.

Ele me disse, com orgulho: “É a chegada brasileira à Lua.”

AVATARES E SUBSTITUTOS

No filme *Substitutos*, Bruce Willis faz o papel de um agente do FBI que investiga assassinatos misteriosos. Os cientistas criaram exoesqueletos com tanta perfeição que superaram as capacidades humanas. São criaturas mecânicas superfortes e com corpos perfeitos. Na verdade, são tão perfeitos que a humanidade passou a depender deles. As pessoas vivem o tempo todo em casulos, controlando o ambiente com tecnologia sem fio: seus belíssimos andróides substitutos. Em todos os lugares, há “gente” ocupada com afazeres, mas são apenas substitutos perfeitos e modelados. Seus usuários envelhecem convenientemente

escondidos. A trama dá uma virada súbita, quando Bruce Willis descobre que a pessoa por trás dos assassinatos pode estar ligada ao próprio cientista que inventou os substitutos. Isso o leva a questionar se os substitutos são uma bênção ou uma maldição.

E no grande sucesso *Avatar*, no ano de 2154 a maior parte dos humanos da Terra está esgotada, e uma companhia de mineração viaja para uma lua distante, chamada Pandora, no sistema estelar Alfa de Centauro, em busca de um metal raro, *unobtainium*. Essa lua é habitada por nativos chamados Na'vi, que vivem em harmonia com a incrível natureza do lugar. Para se comunicar com o povo de lá, trabalhadores especialmente treinados são colocados em casulos, onde aprendem a controlar com o ambiente o corpo geneticamente modificado de um nativo.

Apesar da atmosfera perniciosa e do ambiente totalmente diferente da Terra, os avatares não têm dificuldade em viver naquele mundo. Porém, esse estranho relacionamento logo se deteriora quando a companhia mineradora descobre um rico depósito de *unobtainium* em baixo da árvore sagrada dos cerimoniais Na'vi. O

conflito entre a mineradora, que quer destruir a árvore sagrada e escavar o solo para obter o metal raro, e os nativos, que veneram a árvore, é inevitável. Parece uma causa perdida para os nativos, até que um dos trabalhadores especialmente

treinados muda de lado e leva os Na'vi à vitória.

Avatares e substitutos são hoje elementos de ficção científica, mas um dia podem vir a ser uma ferramenta essencial da ciência. O corpo humano é frágil, talvez delicado demais para os rigores de muitas

issões perigosas, inclusive viagens espaciais. Em bora a ficção científica sej a cheia de explorações heroicas de astronautas coraj osos viaj ando até os confins da galáxia, a realidade é m uito diferente. A radiação no espaço é tão intensa que os astronautas teriam que ser blindados, ou encarar o envelhecim ento precoce, os efeitos nocivos da radiação, e até câncer. Explosões solares podem atingir um a nave espacial com radiação letal. Um sim ples voo transatlântico entre Estados Unidos e Europa expõe a pessoa a um m ilirém de radiação por hora, aproxim adam ente o m esm o que um a radiografia dental. No espaço sideral a radiação pode ser m uitas vezes m ais intensa, especialm ente na presença de raios cósm icos e erupções solares.

(Durante grandes tem pestades solares, a Nasa de fato avisou aos astronautas na estação espacial para perm anecerem em setores m ais protegidos contra a radiação.)

Além disso, existem m uitos outros perigos no espaço sideral, com o m icrom eteoritos, efeitos de ausência de peso prolongada, e os problem as de adaptação a diferentes cam pos de gravidade. Após alguns m eses de ausência de peso, o corpo perde um a grande porção de cálcio e sais m inerais, deixando os astronautas incrivelm ente fracos, m esm o com exercícios diários. Depois de um ano no espaço, os astronautas russos tiveram que sair das cápsulas se arrastando com o m inhocas. Além do m ais, acredita-se que alguns efeitos da perda m uscular e óssea sej am perm anentes, e os astronautas sentirão pelo resto da vida as consequências da ausência de peso prolongada.

O perigo de m eteoritos e cam pos de radiação intensa na Lua é tão grande que vários cientistas propuseram m ontar um a estação lunar perm anente num a gigantesca caverna subterrânea para proteger os astronautas. Essas cavernas são form ações naturais de tubos de lava, próxim as a vulcões extintos. Mas o m odo m ais seguro de construir um a base lunar é com os astronautas sentados confortavelm ente em casa. Assim ficam protegidos contra todos os riscos encontrados na Lua e, através de substitutos, podem cum prir as m esm as tarefas.

Isso reduz consideravelm ente os custos de viagens espaciais tripuladas, pois suprir as necessidades vitais de astronautas hum anos custa m uito caro.

Talvez, quando a prim eira nave interplanetária alcançar um planeta distante, e um substituto de astronauta pisar em terreno alienígena, este poderá dar “um pequeno passo para a m ente...”.

Um problema dessa abordagem é o tempo que leva para mensagens chegarem à Lua e além dela. Em pouco mais de um segundo uma mensagem de rádio viaja da Terra até a Lua, portanto substitutos na Lua podem ser facilmente controlados por astronautas na Terra. Mais difícil será se comunicar com

substitutos em Marte, já que leva vinte minutos ou mais para os sinais de rádio chegarem ao Planeta Vermelho.

Mas a utilização de substitutos tem implicações práticas mais perto daqui. No Japão, o acidente com o reator de Fukushima em 2011 resultou num prejuízo de bilhões de dólares. Com os trabalhadores só podem entrar nas áreas com níveis letais de radiação por poucos minutos, a limpeza final pode levar até quarenta anos. Infelizmente, não existem robôs suficientemente avançados para suportar a intensidade dessa radiação e fazer os reparos necessários. Os únicos robôs usados em Fukushima são bastante primitivos, basicamente câmeras simples acopladas no alto de um computador sobre rodas. Um verdadeiro autômato, que possa pensar por si mesmo (ou ser controlado por um operador remoto) e fazer reparos em campos de alta radiação está a décadas de distância no futuro.

A falta de robôs industriais foi um problema crítico também para os soviéticos no acidente de 1986 em Chernobyl, na Ucrânia. Os homens enviados ao local do acidente para apagar as chamas tiveram uma morte horrível, devido à radiação.

Mikhail Gorbachev então ordenou que a força aérea apagasse o incêndio “a seco”, despejando de helicóptero cinco mil toneladas de uma mistura de cimento e areia rica em boro. Os níveis de radiação eram tão altos que foram recrutados 250 homens para conter a catástrofe. Cada um deles só podia passar alguns minutos no prédio do reator fazendo os reparos. Muitos receberam a dose máxima de radiação permitida para a vida toda. Cada um ganhou uma medalha.

Essa importante operação foi o maior feito já realizado pela engenharia civil. Não poderia ter sido realizado pelos robôs atuais.

É verdade que a Honda Corporation construiu um robô que possivelmente poderá entrar em ambientes mortalmente radiativos, mas ainda não está pronto.

Os cientistas da Honda colocaram na cabeça de um operário um sensor de EEG, conectado a um computador que analisa as ondas cerebrais. O computador é conectado a um rádio que envia

ensagens ao robô, chamado Assim o (Advanced Step in Innovative Mobility). Desse modo, alterando suas próprias ondas cerebrais, o homem pode controlar o Assim o puramente com o pensamento.

Infelizmente, esse robô seria incapaz de fazer reparos em Fukushima, pois só consegue executar quatro movimentos básicos (e todos se limitam a mover a cabeça e os ombros), e centenas de movimentos são necessários para fazer reparos numa usina nuclear devastada. O sistema ainda não está desenvolvido o suficiente nem para efetuar tarefas simples, como girar uma chave de fenda ou bater um martelo.

Outros grupos também exploraram a possibilidade de criar robôs controlados pelo homem. Na Universidade de Washington, o dr. Ramesh Rao criou um robô simples, controlado por uma pessoa usando um capacete de EEG. Esse reluzente robô humanoide tem 60 centímetros de altura e se chama Morpheus (como o personagem do filme *Matrix* e o deus grego dos sonhos). Um aluno põe o

capacete de EEG e faz gestos, como mover a mão, gerando um sinal de EEG

que é gravado por um computador. O computador vai criando uma biblioteca de sinais de EEG correspondentes aos movimentos específicos de cada membro.

Depois o robô é programado para mover a mão cada vez que o sinal

correspondente de EEG for enviado a ele. Assim, quando a pessoa pensa em mover a mão, o Morpheus move a mão também. Quando alguém coloca o capacete de EEG pela primeira vez, o computador leva cerca de dez minutos para calibrar os sinais do cérebro. Depois, domina-se a técnica de fazer gestos mentalmente para controlar o robô. Por exemplo: você pode fazer o robô andar em sua direção, pegar um bloco em uma mesa, caminhar dois metros até outra mesa e pôr o bloco lá.

A pesquisa está progredindo rapidamente também na Europa. Em 2012,

cientistas da École Polytechnique Fédérale de Lausanne, na Suíça, revelaram sua última conquista: um robô controlado telepaticamente por sensores de EEG, cujo controlador fica a 100 quilômetros de distância. O robô tem a aparência de um aspirador de pó robótico Roomba, já encontrado em muitos lares. Mas, na verdade, é extremamente sofisticado, equipado com uma câmera que consegue achar cam

inho num escritório repleto de m esas. Um paciente paralisado pode, por exem plo, olhar para um a tela de com putador conectada a um a câm era de vídeo no robô a quilôm etros de distância, e ver pelos olhos do robô. Com o pensam ento, o paciente é capaz de controlar os m ovim entos da m áquina para contornar obstáculos.

No futuro, podem os im aginar os trabalhos m ais perigosos sendo feitos por robôs controlados por hum anos dessa m aneira. O dr. Nicolelis diz:

“Provavelm ente serem os capazes de operar por controle rem oto em baixadores e em issários, robôs e aeronaves de várias form as e tam anhos, enviados com o nossos representantes para explorar planetas e estrelas em lugares distantes no universo.”

Por exem plo: em 2010 o m undo viu, com horror, cinco m ilhões de barris de petróleo bruto se espalhando pelo golfo do México. O vazam ento na plataform a Deepwater Horizon foi um dos m aiores desastres com petróleo da história, e os engenheiros se viram praticam ente im potentes durante três m eses. Subm arinos robóticos, guiados por controle rem oto, se atrapalharam durante sem anas tentando tam par o poço, porque não tinham a destreza e versatilidade necessárias para realizar a m issão em baixo da água. Se pudessem usar subm arinos substitutos, m uito m ais sensíveis para m anipular ferram entas, o vazam ento poderia ter sido controlado nos prim eiros dias, evitando um prej uízo de bilhões em danos e ações j udiciais.

Outra possibilidade é que m inúsculos subm arinos substitutos possam um dia entrar no corpo hum ano e realizar cirurgias delicadas lá dentro. Essa ideia foi explorada no film e *Viagem fantástica*, estrelado por Raquel Welch, em que um

subm arino é encolhido até o tam anho de um a célula de sangue e inj etado na corrente sanguínea de um a pessoa com um coágulo no cérebro. O encolhim ento de átom os viola as leis da física quântica, m as um dia será possível inj etar MEMS

(da sigla em inglês para sistem as m icroeletrom ecânicos) do tam anho de células na corrente sanguínea hum ana. Os MEMS são m áquinas incrívelm ente

m inúsculas, que cabem na ponta de um alfinete. Os MEMS usam a m esm a tecnologia em pregada no Vale do Silício, que possibilita colocar m ilhões de transistores num a pastilha do tam anho de um a unha. Um a m áquina com pleta com engrenagens, alavancas, polias, e

até minutos pode ser menor do que o ponto final dessa frase. Um dia, será possível colocar um capacete telepático e com andar um submáquina MEMS usando tecnologia sem fio para fazer uma cirurgia dentro de um paciente.

Assim, a tecnologia MEMS pode abrir um campo inteiramente novo na

medicina, criando máquinas microscópicas para entrar no corpo. Os submáquinas MEMS poderiam até guiar nanossondas dentro do cérebro para conectar

neurônios específicos. Dessa maneira, as nanossondas seriam capazes de receber e transmitir sinais do grupo de neurônios envolvidos em determinados comportamentos. A técnica eliminaria o procedimento pouco preciso de inserção de eletrodos no cérebro.

O FUTURO

Em curto prazo, todos esses avanços notáveis conquistados nos laboratórios do mundo inteiro podem aliviar o martírio dos que sofrem de paralisias e outras deficiências. Usando o poder da mente, eles serão capazes de se comunicar com as pessoas queridas, controlar cadeiras de rodas e camisas, andar com membros mecânicos guiados mentalmente, manejar utensílios domésticos e levar uma vida sem invalidez.

Mas, em longo prazo, esses avanços poderão ter profundas implicações

práticas e econômicas no mundo. Em meados deste século, interagir

mentalmente com computadores pode ser comum. Com a informática é uma indústria de muitos trilhões de dólares, capaz de produzir jovens bilionários e corporações da noite para o dia, avanços na interface mente-computador irão reverberar em Wall Street – e também na nossa casa.

Todos os acessórios que usamos para acessar computadores (mouse, teclado etc.) podem acabar desaparecendo. No futuro, poderemos simplesmente dar comandos mentais e nossos desejos serão cumpridos por minúsculos chips ocultos no ambiente. Sentados no escritório, passeando no parque, vendo vitrines, ou parados, só relaxando, nossa mente pode estar interagindo com um mundo de

chips escondidos, permitindo-nos saber nosso saldo no banco, fazer reservas num restaurante ou comprar ingressos para o teatro.

Os artistas também podem usufruir bastante dessa tecnologia. Ao visualizarem uma obra, a imagem poderá ser enviada via sensores de EEG para uma tela holográfica em 3D. Com a imagem mental não é tão exata quanto o objeto original, o artista pode aprimorar depois a imagem em 3D e visualizar a obra retocada. Após alguns ciclos, ele pode produzir a imagem final numa impressora 3D.

Dada a forma, engenheiros poderão criar modelos em escala de pontes, túneis, aeroportos, usando apenas a imaginação. Poderão alterar as plantas rapidamente, com o pensamento. Peças de máquinas sairão da tela do

computador para uma impressora 3D.

Alguns críticos, porém, alegaram que esses poderes telecinéticos têm um a grande limitação: a falta de energia. No cinema, seres superiores têm o poder de mover montanhas com o pensamento. No filme *X-Men: O confronto final*, o supervilão Magneto tem a capacidade de mover a ponte Golden Gate

simplesmente apontando os dedos, mas o corpo humano só consegue reunir, em média, cerca de um quinto de cavalo de força, o que é muito pouco para realizar as proezas que vemos nas histórias em quadrinhos. Portanto, todos os feitos hercúleos de seres superiores telecinéticos parecem ser pura fantasia.

Mas há uma solução para o problema da energia. Será possível conectar o pensamento a uma fonte de energia que amplie nossos limites de vezes a nossa força.

Assim, conseguiremos chegar perto de ter a força de um deus. Num episódio de *Jornada nas estrelas*, a tripulação viaja para um planeta distante onde encontra uma criatura divina que diz ser Apolo, o deus grego do Sol. Ele é capaz de realizar mágicas que deslumbram a tripulação. E diz até que tinha ido à Terra muitas eras antes, onde os terráqueos o adoravam. Mas a tripulação, que não acredita em deuses, suspeita de charlatanice. Depois descobrem que o “deus”

sabia controlar mentalmente uma fonte de força escondida, que fazia todas as mágicas. Quando a fonte é destruída, ele se torna um mortal.

Da mesma forma, no futuro nossa mente talvez controle uma fonte de energia que nos dê superpoderes. Por exemplo: um estreito de obras poderá usar telepaticamente uma fonte de força para energizar máquinas pesadas, e construir sozinho casas e edifícios com plexos, usando apenas o poder da mente. Todos os pesos seriam levantados pela força da fonte de energia, e o construtor seria como um maestro, orquestrando todo o movimento de guindastes gigantes e escavadeiras potentes, por meio do pensamento.

A ciência está começando a se equiparar à ficção científica em outro aspecto.

A saga de *Star Wars* se passa numa época em que civilizações se espalharam por toda a galáxia. A paz é mantida pelos Cavaleiros de Jedi, um grupo de guerreiros altamente qualificados para usar o poder da “Força”, ler pensamentos e manipular

sabres de luz.

Mas não precisam os esperar até que toda a galáxia esteja a colonizada para com eçarm os a pensar na Força. Com o vim os, alguns aspectos da Força j á são possíveis hoj e, com o penetrar no pensam ento de outros por m eio de eletrodos de ECOG e capacetes de EEG. Os poderes telecinéticos dos Cavaleiros de Jedi tam bém serão possíveis quando aprenderm os a acionar um a fonte de força com a m ente. Os Cavaleiros de Jedi, por exem plo, fazem surgir um sabre de luz a um sim ples gesto com as m ãos, m as j á podem os fazer a m esm a proeza explorando o poder do m agnetism o (sem elhante ao ím ã do aparelho de IRM, capaz de arrem essar um m artelo para o outro lado da sala). Ao ativar m entalm ente a fonte de força, podem os pegar um sabre de luz do outro lado da sala, usando a tecnologia de hoj e.

O PODER DE UM DEUS

A telecinesia é um poder geralmente reservado a uma divindade ou a um super-herói. No universo dos super-heróis dos filmes de Hollywood, talvez a personagem mais poderosa seja a Fênix, a mulher telecinética que move objetos à vontade. Com o membro dos X-Men, ela levanta máquinas pesadas, aviões a jato, estanca inundações, tudo com o poder da mente. No entanto, quando é

finalmente consumida pelo lado negro de seu poder, ela entra numa fúria cósmica capaz de incinerar sistemas solares inteiros e destruir estrelas. Seu poder é tão grande e incontrollável que acaba por levá-la à destruição.

Mas até onde a ciência pode chegar no domínio dos poderes telecinéticos?

No futuro, mesmo tendo uma fonte de força externa para amplificar nossos pensamentos, é improvável que pessoas com poderes telecinéticos sejam capazes de mover mentalmente objetos simples, como um lápis ou uma xícara de café. Com o menciamento, existem apenas quatro forças conhecidas que regem o universo, e nenhuma delas consegue mover objetos sem uma fonte de força externa. O magnetismo chega perto, mas pode mover apenas objetos magnéticos. Objetos de plástico, água ou madeira atravessam facilmente campos magnéticos. A levitação, truque muito usado em shows de mágica, está além de nossa competência científica.

Assim, mesmo com fornecimento de força externa, é improvável que alguém possa mover objetos à vontade por telecinesia. Existe, porém, uma tecnologia que se aproxima disso, envolvendo a capacidade de transformar um objeto em outro.

Essa tecnologia é chamada “matéria programável”, e foi tema de intensa pesquisa para a Intel. A ideia por trás da matéria programável é criar objetos

feitos de minúsculos “átomos”, [2] que são chips microscópicos de computador.

Cada átomo pode ser controlado sem fio. Pode ser programado para carregar a carga elétrica em sua superfície a fim de se ligar a outros átomos de diversas maneiras. Tendo a carga elétrica programada de certa maneira, os átomos se ligariam para formar, digamos, um

telefone celular. Apertando-se um botão para mandar sua programação, os átomos se rearranjam para formar outro objeto, com o um laptop, por exemplo.

Vi uma demonstração dessa tecnologia na Universidade Carnegie Mellon, em Pittsburgh, onde cientistas conseguiram criar um chip do tamanho de uma cabeça de alfinete. Para examinar os átomos, tive que entrar numa “sala limpa”, vestindo um macacão branco especial, botas de plástico e touca, para evitar que uma enorme partícula de pó entrasse na sala. Então vi, pelo microscópio, o intricado circuito dentro de cada átomo, que torna possível programar, sem fio, uma mudança de carga elétrica em sua superfície. Da mesma maneira que podemos programar softwares hoje, no futuro pode ser possível programar hardwares.

O próximo passo é determinar se os átomos podem se combinar para formar objetos úteis, e se podem ser alterados ou tomar a forma de outro objeto conforme nossa vontade. Pode levar até milênio para conseguirmos utilizar protótipos de matéria programável. Dada a complexidade de programar bilhões de átomos, deve ser criado um computador especial para orquestrar as cargas de todos eles. Talvez no fim deste século seja possível controlar mentalmente esse computador para podermos transformar um objeto em outro. Não precisaremos mesmo organizar as cargas e a configuração interna de um objeto. Basta dar um comando mental para o computador transformar um objeto em outro.

Depois terem os catálogos dos vários objetos programáveis, com os móveis, utensílios e aparelhos eletrônicos. Por comunicação telepática com o

computador, será possível transformar objetos. Redecorar a sala, reformar a cozinha, comprar presentes de Natal, tudo poderá ser feito mentalmente.

MORAL DA HISTÓRIA

Realizar todos os desejos é algo exclusivo das divindades. Entretanto, há também um lado negativo nesse poder celestial. Todas as tecnologias podem ser usadas para o bem e para o mal. Em última análise, a ciência é uma faca de dois gumes. Um dos lados pode acabar com a pobreza, a doença e a ignorância. O

outro lado pode acabar com as pessoas, de várias maneiras.

Essas tecnologias podem tornar as guerras cada vez mais cruéis.

Talvez um dia o com bate corpo a corpo sej a entre substitutos armados com um arsenal de alta

tecnologia. Os soldados verdadeiros, sentados em segurança a milhares de quilômetros de distância, podem disparar rajadas das armas avançadas, pouco se importando com os danos colaterais infligidos aos civis. As guerras travadas com substitutos podem preservar a vida dos próprios soldados, mas também causar danos horrendos aos civis e a propriedades.

O maior problema é que esse poder talvez seja grande demais para ser controlado por simples mortais. No romance *Carrie, a estranha*, Stephen King explora o mundo de uma garota sem preceitos ensinados pelos colegas. Era rejeitada pela turma e sua vida se tornou uma série infindável de insultos e humilhações.

Mas seus perseguidores não sabiam de um detalhe: ela era telecinética.

Depois de suportar vários insultos e levar um banho de sangue com seu vestido novo na festa de formatura, ela finalmente explode. Reunindo todo seu poder telecinético, Carrie prende os colegas e os elimina, um a um. Num gesto final, ela decide queimar a escola inteira. Mas seu poder telecinético era grande demais para ser controlado e Carrie acaba morrendo no incêndio que ela mesma provocou.

O enorme poder da telecinesia, além do perigo de ser um tiro pela culatra, tem outro problema. Ainda que se tome em todas as precauções para entender e controlar esse poder, ele pode nos destruir se, ironicamente, obedecermos a todos os nossos pensamentos e comandos. Assim, os pensamentos que nós mesmos produzimos podem nos destruir.

O filme *Planeta proibido*, de 1956, é baseado numa peça de William Shakespeare, *A tempestade*, que começa com um feiticeiro e a filha isolados numa ilha deserta. Mas em *Planeta proibido*, o professor e a filha vivem isolados num planeta distante que um dia foi habitado pelos krell, uma civilização milhares de anos mais avançada que a nossa. Sua maior realização foi um invento que lhes deu o poder da telecinesia, o poder de controlar mentalmente a matéria em todas as formas. Tudo o que desejavam se materializava imediatamente diante deles. Tinham o poder de remodelar a própria realidade com o bem

entendessem .

Mas às vésperas do grande triunfo, quando fariam o invento funcionar, os krell desapareceram sem deixar vestígios. O que teria destruído essa civilização tão avançada?

Quando um grupo de hum anos aterrisou no planeta para resgatar o professor e a filha, descobriram que havia um terrível monstro assolando o planeta, matando em todos os membros da tripulação. Por fim, um dos tripulantes descobriu o segredo por trás do monstro e dos krell. Antes de morrer, ele balbucia “Monstros do id”.

A terrível verdade subitamente se revela para o professor. Na noite em que os krell acionaram a máquina de telecinesia, eles adormeceram. Todos os seus desejos recalcados no id se materializaram. Submersos no subconsciente daquelas criaturas altamente desenvolvidas estavam os desejos e impulsos

animais de seu passado imortal. Todas as fantasias, todos os desejos de vingança se realizaram de repente e assim essa grande civilização destruiu a si mesma da noite para o dia. Havia conquistado tantos mundos, mas havia algo que não puderam controlar: sua própria mente inconsciente.

É uma lição para quem deseja liberar o poder da mente. Na mente se encontram as mais nobres conquistas e pensamentos da humanidade. Mas lá também se encontram os monstros do id.

MUDANDO QUEM SOMOS: A MEMÓRIA E A INTELIGÊNCIA

Até aqui discutimos o poder da ciência para ampliar nossas capacidades mentais via telepatia e telecinesia. Nós, basicamente, permanecemos os mesmos. Esses adventos nada fazem para mudar a essência de quem somos. Contudo, estão abrindo uma nova fronteira que altera a própria natureza do que significa ser humano. As novidades da genética, do eletromagnetismo e das terapias medicamentosas podem, num futuro próximo, alterar nossa mente e até mesmo expandir nossa inteligência. A ideia de recuperar uma mente branca, aprender técnicas com plantas da noite para o dia e ficar superinteligente vem lentamente se desligando do mundo da ficção científica.

Sem a mente plena estão os perdidos, à deriva num mar inútil de estímulos sem objetivo, incapazes de entender o passado ou a nós mesmos. Então, o que acontecerá se algum dia pudermos inserir em nosso cérebro mentes artificiais? O que acontecerá quando pudermos

nos tornar m estres em qualquer disciplina sim plesm ente baixando um arquivo em nossa m em ória? E o que acontecerá se não soubermos m ais a diferença entre lem branças verdadeiras e falsas? Então, quem serem os?

Os cientistas estão deixando de ser observadores passivos da natureza e passando a m odelar ativam ente a natureza. Isso significa que poderem os ser capazes de m anipular m em ória, pensam ento, inteligência e consciência. Em vez de sim plesm ente testem unhar os intricados m ecanism os da m ente, no futuro será possível orquestrá-los.

Então, passem os agora para a seguinte pergunta: Será possível fazer download de m em órias?

2. Ou átom os clay trônicos, em português. A clay trônica é um a nova área da engenharia m ecatrônica que trabalha com nanorrobôs reconfiguráveis. (N. do.

R.T.)

Se nosso cérebro fosse sim ples a ponto de ser entendido, não seriam os inteligentes a ponto de entendê-lo.

– ANÔNIMO

5 MEMÓRIAS E PENSAMENTOS FEITOS SOB MEDIDA

Neo é “O Escolhido”. Som ente ele pode levar a hum anidade derrotada à vitória contra as Máquinas. Som ente Neo pode destruir a Matrix, que im plantou falsas lem branças no nosso cérebro para nos controlar.

Num a cena j á clássica do film e *Matrix*, as Sentinelas do Mal, que guardam a Matrix, finalm ente encurralam Neo. Parece que a últim a esperança da

hum anidade está prestes a term inar. Mas Neo j á tinha inserido um eletrodo na nuca que podia transferir instantaneam ente toda a habilidade das artes m arciais para dentro de seu cérebro. Em segundos, ele é um m estre de caratê capaz de vencer as Sentinelas com chutes voadores fantásticos e golpes bem aplicados.

Em *Matrix*, aprender a extraordinária arte de um carateca faixa preta é tão fácil quanto inserir um eletrodo no cérebro e fazer um download. Talvez um dia nós tam bém possamos os im portar m em órias, o que

aum entará bastante nossas habilidades.

Mas o que acontece quando as lem branças transferidas para o cérebro são falsas? No film e *O vingador do futuro*, Arnold Schwarzenegger tem lem branças falsas plantadas no cérebro, de m odo que a distinção entre realidade e ficção é totalm ente difusa. Ele luta valentem ente contra os m alvados em Marte até o fim do film e, quando se dá conta de que ele próprio é o líder dos m alvados. Fica chocado ao descobrir que suas lem branças de ser um cidadão norm al,

respeitador das leis, são com pletam ente fabricadas.

Holly wood adora fazer film es que exploram o fascinante, porém ficcional, m undo da m em ória artificial. É claro que tudo isso é im possível com a tecnologia atual, m as podem os sonhar com um dia, daqui a algum as décadas, em que a m em ória artificial poderá de fato ser inserida no cérebro.

COMO LEMBRAMOS

Com o na história de Phineas Gage, o estranho caso de Henry Gustav Molaison, conhecido na literatura científica com o HM, causou tanto furor no cam po da neurologia que levou a avanços fundam entais para o entendim ento do hipocam po na form ulação da m em ória.

Aos 9 anos, HM sofreu um acidente, resultando em ferim entos na cabeça que geraram convulsões graves. Em 1953, quando ele tinha 25 anos, subm eteu-se a um a operação que aliviou totalm ente os sintom as. Mas outro problem a surgiu porque os cirurgiões com eteram um erro e retiraram parte do hipocam po dele. A princípio, HM parecia norm al, m as logo ficou aparente que algo estava errado.

Ele não conseguia reter a m em ória recente. Vivia todo o tem po no presente,

cum prim entando as m esm as pessoas várias vezes por dia, com as m esm as expressões, com o se as estivesse vendo pela prim eira vez. Tudo que entrava na m em ória durava poucos m inutos e desaparecia. Com o Bill Murray em *Feitiço do tempo*, HM ficou condenado a reviver o m esm o dia inúm eras vezes, pelo resto da vida. Mas ao contrário do personagem de Bill Murray, HM era incapaz de lem brar das últim as repetições. Sua m em ória de longo prazo, porém , ficou relativam ente intacta, e ele se lem brava da vida antes da cirurgia. Mas, sem o funcionam ento do hipocam po, HM era incapaz de gravar novas experiências.

Por exem plo: ele ficava horrorizado quando se olhava no espelho porque via o rosto de um velho, e pensava que ainda tinha 25 anos. Mas felizm ente a lem brança de ficar horrorizado tam bém logo desaparecia nas brum as do esquecim ento. Em certo sentido, HM era com o um anim al com Nível II de consciência, incapaz de recordar o passado im ediato ou sim ular o futuro. Sem o funcionam ento do hipocam po, ele regrediu do Nível III para o Nível II de consciência.

Hoj e, os avanços da neurociência nos dão um a visão m ais clara de com o as lem branças são form adas, guardadas e revividas. “As peças só se encaixaram nos últim os anos, em consequência de dois desenvolvim entos técnicos – os com putadores e a varredura cerebral m oderna”, diz o dr. Stephen Kosslyn, neurologista de Harvard.

Com o sabem os, as inform ações sensoriais (por exem plo, visão, tato,

paladar) passam primeiro pelo tronco cerebral e pelo tálamo, que age com o um a estação de retransmissão, direcionando os sinais para os vários lobos sensoriais do cérebro, onde são avaliados. A informação processada chega ao córtex pré-

frontal, onde entra na consciência e forma o que chamamos de memória de curto prazo, abrangendo de alguns segundos a minutos. (Ver Figura 11.)

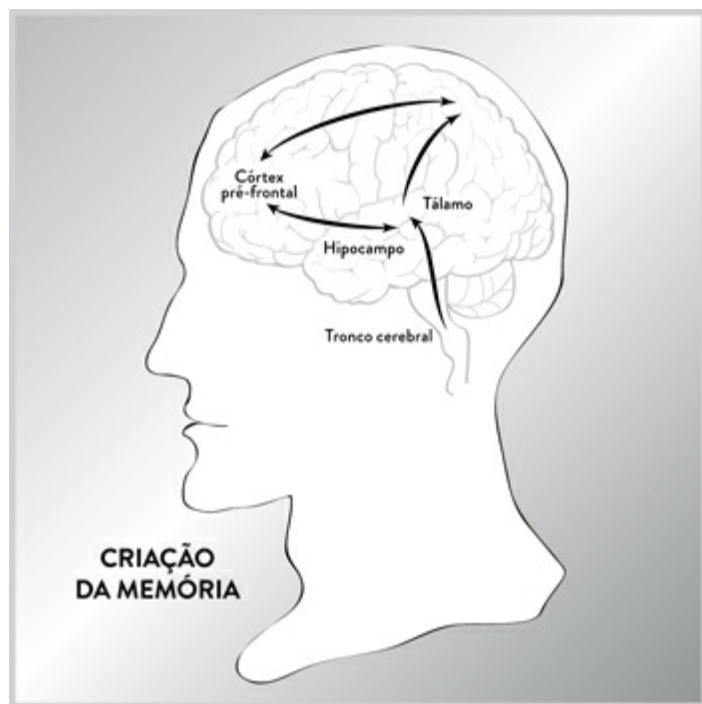


Figura 11. Aqui vemos o trajeto da criação de lembranças. Os impulsos dos sentidos passam pelo tronco cerebral, pelo tálamo e os vários córtices, até o córtex pré-frontal. Daí passam para o hipocampo, onde formamos a memória de longo prazo.

Para que a memória tenha longa duração, a informação precisa passar pelo

hipocampo, onde as lembranças são divididas em várias categorias. Em vez de guardar todas as lembranças numa só área do cérebro, com o um gravador de fita ou um disco rígido, o hipocampo redireciona fragmentos a vários córtices. O

armazenamento de memória é assim muito mais eficaz do que se fosse sequencial. Se as lembranças humanas fossem armazenadas

sequencialmente, com o um disco rígido de computador, seria preciso uma área enorme e para a memória. Na verdade, no futuro, até os sistemas de armazenamento digital podem copiar esse procedimento do cérebro vivo, em vez de armazenar lembranças inteiras sequencialmente. Por exemplo: as lembranças em ocionais são armazenadas na memória, e as palavras são gravadas no lobo temporal. As cores e outras informações visuais são coletadas no lobo occipital, e a sensação de tato e movimento residem no lobo parietal. Até o momento, os cientistas identificaram mais de vinte categorias de memórias estocadas em diferentes partes do cérebro, incluindo frutas e legumes, plantas, animais, partes do corpo, cores, números, letras, substantivos, verbos, nomes próprios, rostos, expressões faciais, além de várias emoções e sons.

Um a única lembrança – um passeio no parque, por exemplo – contém

informações que são fragmentadas e estocadas em várias regiões do cérebro.

Mas trazer de volta um único aspecto dessa lembrança (por exemplo, o cheiro de grama recém-cortada) pode subitamente pôr o cérebro em ação para juntar os outros fragmentos e formar uma recordação coesa. O objetivo final da pesquisa sobre memória é saber como esses fragmentos espalhados são reunidos quando revivem os uma experiência. Isso se chama “problema da ligação”, e a solução deve explicar muitos aspectos enigmáticos da memória. Por exemplo: o

Antonio Damasio analisou pacientes que sofreram derrame e ficaram incapazes de identificar apenas uma categoria, mesmo conseguindo recordar do resto. Isso porque o derrame afetou somente uma determinada área do cérebro, onde aquela categoria estava armazenada.

O problema da ligação é ainda mais complicado porque as nossas lembranças e experiências são altamente pessoais. As lembranças são individualizadas, de modo que as categorias de memória não são as mesmas para todos. Provedores de vinho, por exemplo, têm várias categorias para rotular variações sutis de sabor, enquanto os físicos têm categorias diferentes para certas equações. Afinal, as categorias são subprodutos da experiência, e, portanto, pessoas diferentes têm categorias diferentes.

Uma solução recente para o problema da ligação se utiliza do fato de

que há vibrações eletromagnéticas oscilando por todo o cérebro a aproximadamente 40

ciclos por segundo e podem ser captadas por EEG. Um fragmento de memória pode vibrar em uma frequência muito precisa e estimular outro fragmento de memória guardado numa parte distante do cérebro. Antes, pensava-se que as memórias seriam armazenadas fisicamente juntas, mas essa nova teoria diz

que as memórias não são unidas espacialmente, e, sim, temporalmente, por vibrações em uníssono. Se essa teoria for verdadeira, podemos dizer que há vibrações eletromagnéticas fluindo continuamente em todo o cérebro, ligando diferentes regiões e, assim, recriando memórias inteiras. Consequentemente, o constante fluxo de informação entre o hipocampo, o córtex pré-frontal, o tálamo e os outros córtices pode não ser completamente neural. Um pouco desse fluxo pode estar na forma de ressonâncias através das diferentes estruturas cerebrais.

GRAVANDO UMA LEMBRANÇA

Infelizmente, HM morreu em 2008, aos 82 anos, antes de poder se beneficiar de alguns resultados sensacionais alcançados pela ciência: a capacidade de criar um hipocampo artificial e inserir memórias no cérebro. Isso é algo que vem diretamente da ficção científica, mas as cientistas da Universidade Wake Forest e da Universidade do Sul da Califórnia fizeram história em 2011, quando conseguiram gravar uma memória surgida em ratos e armazenaram num computador. Foi um experimento de prova de conceito, mostrando que o sonho de implantar memória para o cérebro pode um dia se tornar realidade.

A princípio, a própria ideia de fazer o download de memórias no cérebro parece um sonho impossível porque, como vimos, elas são criadas pelo processamento de uma variedade de experiências sensoriais, que em seguida são armazenadas em múltiplos lugares no neocórtex e no sistema límbico. Mas sabemos, a partir do caso de HM, que existe um lugar por onde todas as memórias fluem e são convertidas em memória de longo prazo: o hipocampo.

O pesquisador Theodore Berger, da USC, diz: “Se não for feito no hipocampo, não poderá ser feito em lugar nenhum.”

Os cientistas da Wake Forest e da USC partiram da observação, com base em varreduras cerebrais, de que há pelo menos dois conjuntos de neurônios no hipocampo de um rato, chamados CA1 e CA3, que

se com unicam entre si cada vez que o rato aprende um a tarefa. Depois de treinar ratinhos para apertar duas barras, um a após a outra, a fim de obter água, os cientistas revisaram as descobertas e tentaram decodificar as mensagens, o que foi frustrante a princípio, pois os sinais entre os dois conjuntos de neurônios não pareciam seguir um padrão. Mas, ao monitorar os sinais milhões de vezes, acabaram conseguindo determinar qual impulso elétrico produzia qual resultado. Usando sondas no hipocampo dos ratos, os cientistas puderam gravar os sinais entre CA1 e CA3

quando os ratos aprenderam a usar as duas barras em sequência.

Depois os cientistas injetaram nos ratos uma substância química especial, fazendo-os esquecer a tarefa. Por fim, reproduziram a lembrança no cérebro dos

mesmos ratos. De forma notável, a lembrança daquela tarefa retornou e os ratinhos conseguiram reproduzi-la com a primeira vez. Em essência, eles tinham criado um hipocampo artificial, com a capacidade de duplicar a memória digital. “Liga o botão, o animal tem memória; desliga o botão, e ele não tem mais”, diz o dr. Berger. “É um passo muito importante porque é a primeira vez que encaixam todas as peças.”

Como disse Joel Davis, da Marinha dos EUA, que patrocinou a pesquisa, “já foi dada a partida para o uso de implantes que aumentem a competência. É só uma questão de tempo”.

Com tanta coisa em jogo, não é de surpreender que essa área de pesquisa esteja se desenvolvendo tão rapidamente. Em 2013, foi feita outra descoberta, dessa vez no MIT, por cientistas que implantaram não só lembranças com um único rato, mas também lembranças falsas. Isso significa que, um dia, lembranças de eventos nunca acontecidos poderão ser implantadas no cérebro, o que terá um impacto profundo em áreas como a educação e o entretenimento.

Os cientistas do MIT usaram uma técnica chamada optogenética (que discutiremos mais no capítulo 8). Tal técnica permite focalizar uma luz em neurônios específicos para ativá-los. Usando esse método notável, os cientistas conseguem identificar os neurônios específicos responsáveis por certas lembranças.

Digamos que um rato entre em algum lugar e leve um choque. Os neurônios responsáveis pela lembrança desse evento doloroso podem ser isolados e registrados por meio da análise do hipocampo. Depois

o rato é colocado em outro lugar, onde não há perigo algum .
Acendendo luz em um a fibra óptica, pode-se usar a optogenética para ativar a lem branca do choque, e então o rato tem um a reação de medo, em bora esse segundo lugar sej a totalm ente seguro.

Assim os cientistas do MIT conseguiram não só im plantar um a lem branca com um , m as tam bém a lem branca de algo que não aconteceu. Um dia, essa técnica poderá dar aos educadores a capacidade de im plantar na m em ória habilidades específicas para requalificar trabalhadores, ou dar a Holly wood form as inteiram ente novas de entretenim ento.

HIPOCAMPO ARTIFICIAL

Atualmente, o hipocampo artificial é primitivo, capaz de gravar apenas uma lembrança de cada vez. Mas os cientistas planejam aumentar a complexidade do hipocampo artificial para armazenar várias lembranças e gravá-las em diversos animais, chegando até aos macacos. Planejam também poder usar essa tecnologia sem fio, substituindo os fios por rádios minúsculos, de maneira que as

lembranças possam ser baixadas por meio remoto, sem a necessidade de eletrodos incômodos implantados no cérebro.

Dado que o hipocampo está ligado ao processamento da memória em

humano, os cientistas antevêm um grande potencial de aplicações no tratamento de derrames, demência, mal de Alzheimer, e muitos outros casos decorrentes de danos ou deterioração dessa região cerebral.

Certamente, será preciso transpor muitas barreiras. Apesar de tudo o que aprendemos sobre o hipocampo desde o caso de HM, ainda há uma caixa preta com conteúdo desconhecido. Sendo assim, não é possível construir uma lembrança a partir do zero, mas se a memória da realização de uma tarefa foi processada, já é possível gravá-la e reproduzi-la.

RUMOS FUTUROS

Trabalhar com o hipocampo de primatas e humanos será mais difícil, pois é muito mais complexo. O primeiro passo é criar um mapa neural detalhado da área. Isso significa colocar eletrodos em diferentes partes do hipocampo para registrar os sinais trocados constantemente entre diferentes regiões e estabelecer o fluxo de informações que corre o tempo todo pelo hipocampo. Essa região do cérebro tem quatro divisões básicas, de CA1 a CA4, e os cientistas precisam gravar os sinais trocados entre eles.

No segundo passo, alguém realiza certas tarefas, e os cientistas gravam os impulsos que fluem através das várias regiões do hipocampo, registrando a memória branca. Por exemplo: a memória branca de determinada tarefa, com o saltar por dentro de uma argola, cria uma atividade elétrica no hipocampo que pode ser gravada e manipulada e analisada. Depois é possível criar um dicionário de correspondências entre a memória branca e o fluxo das informações pelo hipocampo.

Por fim, o terceiro passo consiste em fazer um registro dessa memória branca e inserir os sinais elétricos no hipocampo de outra pessoa, via eletrodos, para ver se a memória branca foi exportada. Dessa maneira, é possível aprender a saltar por uma argola sem nunca ter feito isso antes. Se der certo, os cientistas poderão criar gradualmente uma biblioteca contendo registros de certas memórias brancas.

Pode levar décadas até conseguirem chegar à memória humana, mas já é possível imaginar com o isso acontecerá. No futuro, talvez pessoas sejam contratadas para criar certas memórias brancas, com o fim de uma viagem de luxo ou uma batalha fictícia. Serão colocados nanoeletrodos em vários lugares do cérebro para registrar a memória branca. Esses eletrodos devem ser extremamente pequenos a fim de não interferirem na função da memória.

As informações desses eletrodos serão enviadas sem fio para um computador,

e então gravadas. Assim, se alguém quiser adquirir a experiência contida nessa memória branca terá eletrodos similares colocados no seu hipocampo e a memória será inserida em seu cérebro.

É claro que essa ideia tem complicações. Se tentarmos inserir a memória branca de uma atividade física, com os aspectos físicos, teremos o problema da “memória muscular”. Por exemplo: quando andamos,

não pensam os conscientemente em pôr uma perna na frente da outra. Andar se tornou natural para nós porque fazemos isso desde muito cedo. Assim, os sinais que controlam nossas pernas já não se originam inteiramente no hipocampo, mas também no córtex motor, no cerebelo, e nos gânglios basais. No futuro, se quisermos inserir membros em órbitas ligadas ao esporte, os cientistas terão que decifrar como as pernas são também parcialmente armadas em outras áreas cerebrais.

VISÃO E MEMÓRIA HUMANA

A formação de um membro é muito complexa, mas a abordagem que tem sido discutida pega um atalho, observando os sinais que se recebem pelo hipocampo, onde os impulsos sensoriais já foram processados. Em *Matrix*, porém, um eletrodo é colocado na nuca para baixar membros em órbitas diretamente no cérebro. Isso pressupõe que é possível decodificar os impulsos diretos, não processados, vindos dos olhos, ouvidos, pele etc., que sobem pela medula espinhal e pelo tronco cerebral até o tálamo. É algo muito mais elaborado e difícil do que analisar as mensagens processadas circulando no hipocampo.

Para dar uma noção do volume total de informações não processadas que vêm pela medula espinhal até o tálamo, vamos considerar apenas um aspecto: a visão, já que muitas das informações são codificadas assim. Há cerca de 130 milhões de células na retina, chamadas cones e bastonetes, que processam e registram 100

milhões de bits de informação do ambiente todo.

Essa grande quantidade de dados é colhida e enviada para o nervo óptico, que transporta 9 milhões de bits de informação por segundo para o tálamo. De lá, as informações chegam ao lobo occipital, na parte posterior do cérebro. O córtex visual, por sua vez, começa o árduo processo de analisar essa montanha de informações. O córtex visual consiste em áreas na parte de trás do cérebro, cada uma delas destinada a uma tarefa específica. São rotuladas de V1 a V8.

A área V1 é singularmente igual a uma tela; ela de fato cria um padrão na parte de trás do cérebro muito similar, em formato e configuração, à imagem original. Essa imagem tem uma notável semelhança com a original, exceto que o centro do olho, a fóvea, ocupa uma área muito maior em V1 (dado que a fóvea tem mais alta concentração de neurônios). Assim, a imagem formada na V1

não é uma réplica perfeita, mas distorcida, com a região central da

im agem ocupando a maior parte do espaço.

Além da V1, as outras áreas do lobo occipital processam diferentes aspectos da im agem , inclusive:

Visão estéreo. Esses neurônios comparam as im agens que veem de cada olho. Isso ocorre na área V2.

Distância. Esses neurônios calculam a distância do objeto, usando sombras e outras informações dos dois olhos. Isso ocorre na área V3.

Cores são processadas na área V4.

Movimento. Diferentes circuitos captam diferentes classes de movimento, inclusive linha reta, espiral e movimentos de expansão.

Isso ocorre na área V5.

Foram identificados mais de 30 circuitos neurais diferentes envolvidos na visão, mas provavelmente há muitos mais.

Do lobo occipital as informações são enviadas para o córtex pré-frontal, onde finalmente “vem os” a im agem e formamos a imagem de curto prazo. Em seguida as informações são enviadas para o hipocampo, onde são processadas e armazenadas por até 24 horas. Então a imagem é picotada e espalhada pelos vários córtices.

A questão aqui é que a visão parece acontecer sem esforço, mas exige bilhões de neurônios disparando em sequência, transmitindo milhões de bits de informação por segundo. É importante lembrar que recebem os sinais dos cinco órgãos dos sentidos, mais as emoções associadas a cada im agem . Toda essa informação é processada pelo hipocampo para criar a simples lembrança de uma im agem . Atualmente, não existe máquina que possa se comparar à sofisticação desse processo, portanto, replicá-lo representa um enorme desafio para os cientistas que querem criar um hipocampo artificial para o cérebro humano.

LEMBRANÇAS DO FUTURO

Se codificar a imagem de apenas um dos sentidos já é um processo complexo, com o qual se desenvolveu a capacidade de armazenar grandes

quantidades de

informação na memória de longo prazo? Na maioria das vezes, o instinto guia o comportamento dos animais, que parecem não ter memória de longo

prazo. Mas, como diz o dr. James McGaugh, da Universidade da Califórnia em Irvine, “o objetivo da memória é prever o futuro”, o que levanta uma possibilidade interessante. Talvez a memória de longo prazo tenha evoluído *porque* era útil para simular o futuro. Em outras palavras, o fato de podermos recordar o passado distante deve-se às exigências e vantagens de simular o futuro.

De fato, as varreduras cerebrais feitas pelos cientistas da Universidade de Washington em St. Louis indicam que as áreas usadas para recordar são as mesmas envolvidas em simular o futuro. Em particular, a ligação entre o córtex pré-frontal dorsolateral e o hipocampo se ativa quando alguém está ocupado em planejar o futuro e lembrar o passado. Em certo sentido, o cérebro está tentando

“se lembrar do futuro”, baseando-se em lembranças do passado para determinar com o que algo vai evoluir no futuro. Isso pode explicar também o curioso fato de que pessoas que sofrem de amnésia — com o HM — são geralmente incapazes de imaginar o que farão no futuro, ou até mesmo o dia seguinte.

“Pode-se pensar nisso como uma viagem mental no tempo — a capacidade de formar pensamentos sobre si mesmo e projetá-los no passado ou no futuro”, diz a dra. Kathleen McDermott, da Universidade de Washington. Ela observa também que seu estudo prova uma “resposta possível para a questão da utilidade evolutiva da memória. Talvez a razão pela qual recordamos o passado com detalhes nítidos seja que esse conjunto de processos é importante para podermos nos visualizar em situações futuras. Essa capacidade de imaginar o futuro tem um significado adaptativo claro e decisivo”. Para um animal, o passado é um grande desperdício de recursos preciosos, pois rende pouca vantagem evolutiva. A simulação do futuro utilizando as lições do passado é uma razão essencial para os humanos terem se tornado inteligentes.

UM CÓRTEX ARTIFICIAL

Em 2012, os mesmos cientistas do Wake Forest Baptist Medical Center e da Universidade do Sul da Califórnia que criaram um hipocampo artificial em ratos anunciaram um experimento ainda m

ais abrangente. Em vez de gravar a memória do rato no hipocampo, eles duplicaram o processo, muito mais sofisticado, do córtex de um primata.

Pegaram cinco macacos rhesus e inseriram pequenos eletrodos em duas camadas do córtex chamadas L2/3 e L5. Registraram os sinais neurais que ocorriam entre essas duas camadas enquanto os macacos aprendiam uma tarefa.

(A tarefa consistia em apresentar um conjunto de imagens para os macacos, que recebiam uma recompensa quando conseguiam identificar as imagens em um escopo muito maior.) Após praticarem, os macacos conseguiram

desempenhar a tarefa com 75% de acertos. Mas se os cientistas introduzissem novamente os sinais no córtex enquanto eles cumpriam a tarefa, havia um aumento de 10% no desempenho dos macacos. Quando certas substâncias

químicas eram dadas aos animais, o desempenho caía 20%, e se os registros fossem novamente inseridos no córtex, o desempenho era acima do nível normal. Apesar de ser uma amostra muito pequena, e de ter havido apenas um momento de queda no desempenho, o estudo sugere que os registros feitos pelos cientistas captaram com precisão o processo de tomada de decisão do córtex.

Com esse estudo foi realizado com primatas, e não com ratos, e envolveu o córtex, e não o hipocampo, pode ter grandes implicações quando comecarem os testes com humanos. O dr. Sam A. Deadwyler, da Wake Forest, diz: “A ideia é que o equipamento possa gerar um padrão de saída que não passe pela área lesionada, fornecendo uma conexão alternativa” no cérebro. Esse experimento tem aplicação possível para pacientes com lesão no neocórtex. Com o auxílio, esse equipamento de apoio poderá realizar a operação de pensamento da área lesionada.

UM CEREBELO ARTIFICIAL

Vale notar também que o hipocampo e o neocórtex artificiais são apenas os primeiros passos. Em algum momento do futuro, outras partes do cérebro terão contrapartes artificiais. Por exemplo: cientistas da Universidade de Tel Aviv, em Israel, já criaram um cerebelo artificial para um rato. O cerebelo é uma parte essencial do cérebro reptiliano que controla o equilíbrio e outras funções corporais básicas.

Geralmente, quando um objeto de ar é dirigido ao focinho de um rato, ele pisca.

Se for feito um som ao mesmo tempo, o rato pode ser condicionado a piscar, bastando ouvir o som. A meta dos cientistas israelenses era criar um cerebelo artificial que duplicasse esse feito.

Primeiro, os cientistas registraram os sinais entrando no tronco encefálico quando o rato recebia o objeto de ar e ouvia o som. Depois o sinal era processado e reenviado para o tronco cerebral em outro local. Com o que se esperava, os ratos piscavam ao receber o sinal. Esta foi a primeira vez que um cerebelo artificial funcionou corretamente, e foi a primeira vez que mensagens foram recebidas de uma parte do cérebro, processadas, e depois inseridas numa outra parte.

Ao comear esse trabalho, Francesco Sepulveda, da Universidade de Essex, diz: “Isso demonstra quão longe chegam os na criação de circuitos que podem um dia substituir áreas cerebrais lesadas, e até mesmo o poder de um cérebro saudável.”

Ele vê também um grande potencial para cérebros artificiais no futuro:

“Provavelmente levarem os várias décadas para chegar lá, mas meu palpite é que partes de cérebro específicas, bem organizadas, com o hipocampo ou o córtex visual, terão correlatos sintéticos antes do fim do século.”

Embora o progresso na criação de peças para a restituição do cérebro venha tendo notável rapidez em vista da complexidade do processo, é uma corrida contra o tempo considerando-se a maior ameaça ao sistema de saúde pública, que é o declínio mental de pessoas com mal de Alzheimer.

MAL DE ALZHEIMER – O DESTRUIDOR DA MEMÓRIA

Alguns dizem que Alzheimer é o mal do século. Atualmente 5,3 milhões de norte-americanos sofrem desse mal, e prevê-se que esse número quadruplique até 2050. Cinco por cento das pessoas com idade entre 65 e 74 anos têm a doença de Alzheimer, e mais de 50% dos idosos com mais de 85 anos a têm, mesmo sem apresentar fatores óbvios de risco. (Em 1900, a expectativa de vida nos Estados Unidos era de 49 anos, por isso o Alzheimer não era um problema significativo. Mas hoje a população com mais de 80 anos é um dos grupos demográficos que mais crescem no país.)

No início da doença, o hipocampo, a parte do cérebro onde a memória é processada, começa a se deteriorar. De fato, as varreduras mostram nitidamente que o hipocampo de pacientes com Alzheimer encolhe, e os filamentos entre o córtex pré-frontal e o hipocampo também ficam mais finos, deixando o cérebro incapaz de processar adequadamente a memória de curto prazo. A memória de longo prazo, já armazenada nos córtices do cérebro, permanece relativamente intacta, pelo menos no começo. Isso cria uma situação em que a pessoa pode não se lembrar do que fez cinco minutos atrás, mas se recorda claramente das décadas passadas.

A doença vai progredindo até que as lembranças básicas de longo prazo

também são destruídas. O paciente não consegue reconhecer filhos nem

conjunção, não se lembra de quem ele mesmo é, e pode até entrar num estado vegetativo semelhante ao coma.

Infelizmente, os mecanismos básicos do mal de Alzheimer só começaram a ser entendidos muito recentemente. Uma grande descoberta ocorreu em 2012, quando se soube que o Alzheimer começa com a produção de proteínas

amiloides tau, que estimulam a formação da proteína beta-amilóide, uma substância gosmenta, grudenta, que entope o cérebro. Até então, não se sabia ao certo se o mal de Alzheimer era causado por essas placas ou se essas placas eram subprodutos de algum outro distúrbio.

O que torna difícil combater as placas de amiloides com medicamentos é que elas devem ser formadas por “príons”, que são moléculas de proteínas deformadas. Não são bactérias nem vírus, mas mesmo

assim se reproduzem .

Uma molécula de proteína tem a aparência de um emaranhado de fitas de átomos entrelaçadas. Esse emaranhado de átomos precisa se dobrar corretamente para a proteína assumir a forma e a função adequadas. Os príons são proteínas deformadas, que se dobraram incorretamente. O pior é que, quando esbarram em proteínas saudáveis, fazem com que elas se dobrem incorretamente também .

Portanto, um príon pode causar uma cascata de proteínas deformadas, criando uma reação em cadeia que contamina bilhões de outras.

Atualmente não se conhece um modo de interromper a implacável progressão do mal de Alzheimer. Entretanto, agora que os mecanismos básicos do Alzheimer estão sendo revelados, um método promissor é criar anticorpos ou uma vacina que aja especificamente nessas moléculas de proteínas deformadas. Outro método pode ser criar um hipocampo artificial para esses indivíduos, a fim de restaurar a memória de curto prazo.

Outra abordagem seria usar a genética para aumentar diretamente a capacidade cerebral de criar memória. Talvez existam genes que possam melhorar nossa memória. O futuro da pesquisa sobre memória pode estar no

“rato inteligente”.

O RATO INTELIGENTE

Em 1999, o dr. Joseph Tsien e outros cientistas de Princeton, do MIT, e da Universidade de Washington descobriram que um único gene extra acrescentado a um rato aumentava drasticamente sua memória e sua capacidade. Os “ratos inteligentes” percorriam labirintos com maior rapidez, lembravam-se melhor dos eventos, e superavam outros ratos em diversos testes. Foram apelidados de “ratos Doogie” por causa do esperto personagem da série de TV *Tal pai, tal filho*.

O dr. Tsien começou analisando o gene NR2B, que age com o um interruptor no controle da capacidade do cérebro para associar um evento a outro. (Os cientistas sabem disso porque, quando o gene é silenciado ou desativado, o rato perde essa habilidade.) Todo aprendizado depende do NR2B, porque ele controla a comunicação entre as células da memória e do hipocampo. Primeiro, o dr.

Tsien criou uma linhagem de ratos sem NR2B, que apresentaram deficiências de memória e dificuldade de aprendizagem. Depois ele criou uma linhagem de ratos com quantidade de genes NR2B acima do normal, que apresentaram capacidade mental superior. Colocados numa bacia rasa com água e forçados a nadar, os ratos normais nadavam aleatoriamente. Não se lembravam que havia

uma plataforma escondida na água, o que lhes foi mostrado dias antes. Os ratos espertos, porém, iam direto para a plataforma logo na primeira vez.

Desde então, pesquisadores têm confirmado esses resultados em outros laboratórios e criado linhagens de ratos ainda mais inteligentes. Em 2009, o dr.

Tsien publicou um artigo anunciando mais uma linhagem de ratos inteligentes, apelidados de “Hobbie-J” (nome de um personagem de uma história em

quadrinhos chinesa). Hobbie-J era capaz de lembrar fatos novos (como a localização de brinquedos) por um tempo três vezes maior do que a linhagem de ratos geneticamente modificada considerada mais inteligente até então. “Isso reforça a noção de que NR2B é um controlador universal para formação de memória”, observou o dr. Tsien. “É como o fazer de um Michael Jordan um super-Michael Jordan”, disse o estudante Deheng Wang.

No entanto, há limites, até para essa nova linhagem de ratos. Quando

colocados para escolher entre virar à direita ou à esquerda para obter um pedaço de chocolate, Hobbie-J se lembrou do caminho por muito mais tempo que os ratos normais, mas depois de cinco minutos ele também esqueceu. “Nunca conseguiremos torná-lo um rato inteligente. Afinal, ele é um rato”, disse Tsien.

É importante notar também que algumas linhagens de ratos inteligentes eram muito semelhantes com parâmetros com ratos normais. Há suspeitas de que, se a inteligência é boa demais, os fracassos e erros também são lembrados, e isso talvez cause hesitação. Portanto, há um possível ponto negativo em se lembrar demais.

Agora, os cientistas esperam ampliar a pesquisa com testes em cães, pois compartilham os mesmos genes com eles, e talvez depois cheguem aos humanos.

MOSCAS INTELIGENTES E RATOS BOBOS

O gene NR2B não é o único sendo estudado pelos cientistas por ter impacto na memória. Em uma outra série de experimentos, os cientistas conseguiram criar uma linhagem de moscas-das-frutas com “memória fotográfica”, e uma linhagem de ratos amnésicos. Esses experimentos poderão desvendar muitos mistérios da nossa memória de longo prazo, com o porquê de virar a noite estudando para uma prova não é a melhor maneira de aprender, ou por que nos lembramos de acontecimentos que tiveram emoções fortes. Os cientistas descobriram que há dois genes importantes, o CREB ativador (que estimula a formação de novas conexões entre neurônios), e o CREB repressor (que suprime a formação de novas memórias).

Os pesquisadores Jerry Yin e Timothy Tully, da Cold Spring Harbor, fizeram experimentos interessantes com moscas-das-frutas. Normalmente, são

necessárias dez tentativas para que aprendam uma determinada tarefa (por exemplo, detectar um odor, evitar levar um choque). As moscas com um gene CREB repressor a mais não conseguiam formar nenhum memória duradoura, e a surpresa veio quando testaram moscas-das-frutas com um gene CREB ativador a mais. Elas aprenderam a tarefa numa única sessão. “Isso indica que essas moscas têm memória fotográfica”, disse Tully. E o cientista contou que são como aqueles alunos “que leem o capítulo de um livro uma vez, o retêm na mente, e dizem que a resposta está no parágrafo três da página duzentos e setenta e quatro”.

Tal resultado não se restringe apenas às moscas-das-frutas. O dr. Alcino Silva, também da Cold Spring Harbor, fez experimentos com ratos e descobriu que aqueles com deficiência de CREB ativador eram praticamente incapazes de formar memórias de longo prazo. Eram ratos amnésicos. Mas mesmo esses ratos esquecidos conseguiam aprender um pouco se as lições fossem curtas, e com intervalos para descanso. Os cientistas teorizam que tem algo no cérebro uma quantidade determinada de CREB ativador que pode limitar o volume de que podem aprender num período específico. Se tentam virar a noite estudando antes de uma prova, esgotam a quantidade de CREB ativador, e não

conseguimos aprender mais nada — pelo menos até fazer um intervalo para reabastecer o CREB ativador.

“Podem os dar um a razão biológica que explica por que virar a noite estudando não funciona”, diz o dr. Tully. A m elhor m aneira de se preparar para um a prova final é rever a m atéria m entalm ente, periodicam ente, durante o dia, até que se torne parte da m em ória de longo prazo.

Isso pode explicar tam bém por que lem branças carregadas de em oção são tão nítidas e podem durar décadas. O gene CREB repressor é com o um filtro, descarta as inform ações inúteis. Mas se um a lem brança está associada a um a forte em oção, é capaz de rem over o gene CREB repressor ou aum entar os níveis do CREB ativador.

Podem os esperar outras descobertas para o entendim ento da base genética da m em ória. As im ensas habilidades do cérebro não são form adas com apenas um gene, m as, provavelm ente, com um a sofisticada com binação deles. Esses genes, por sua vez, têm contrapartes no genom a hum ano. Portanto, há um a real possibilidade de aum entarm os geneticam ente a capacidade de nossa m ente e m em ória.

Contudo, não espere conseguir um cérebro aditivado tão cedo. Ainda há m uitos obstáculos. Prim eiro, não está claro se esses resultados se aplicam a hum anos.

Muitas vezes, as terapias prom issoras em ratos não se aplicam a outras espécies.

Segundo, m esm o que esses resultados possam ser aplicados a hum anos, não sabem os qual será o im pacto. Por exem plo: esses genes podem m elhorar a m em ória, m as não afetam a inteligência em geral. Terceiro, a terapia de genes

(isto é, consertar genes ruins) é m ais difícil do que se pensava. Poucas doenças genéticas podem ser curadas com esse m étodo. Ainda que os cientistas usem vírus inócuos para infectar células com o gene “bom”, o corpo vai m andar anticorpos para atacar o intruso, frequentem ente tornando a terapia inútil. É

possível que a inserção de um gene para m elhorar a m em ória tenha o m esm o destino. Além disso, o cam po da terapia de genes sofreu um golpe duro alguns anos atrás, quando um paciente m orreu na Universidade da Pensilvânia durante o procedim ento. O trabalho de m odificação genética em hum anos, portanto, enfrenta m uitas questões éticas e legais.

Assim, os experim entos com hum anos vão progredir m uito m ais

lentam ente do que com anim ais. Mas é possível im aginar que um dia o procedim ento será aperfeiçoado e se tornará um a realidade. E então, para alterar nossos genes não será preciso m ais que um a inj eção no braço. Um vírus inócua vai entrar no sangue e infectar as células norm ais com o próprio gene. Depois que o “gene inteligente” se incorpora às células, ele se ativa e libera proteínas que afetam o hipocam po e a form ação da m em ória, aum entando a capacidade cognitiva e de m em ória.

Se a inserção de genes for m uito difícil, outra possibilidade é inserir diretam ente no corpo as proteínas adequadas, evitando o uso da terapia de genes.

Em vez de tom ar um a inj eção, tom aríam os um a pílula.

A PÍLULA DA INTELIGÊNCIA

Um dos obj etivos dessa pesquisa é criar um a “pílula da inteligência”, que potencialize a concentração, m elhore a m em ória, e talvez aum ente a

inteligência. Laboratórios farm acêuticos j á testaram vários m edicam entos, com o MEM 1003 e MEM 1414, que parecem m elhorar as funções m entais.

Em estudos com anim ais, os cientistas descobriram que a m em ória de longo prazo é possível por m eio da interação de enzim as e genes. O aprendizado ocorre quando certos cam inhos neurais são reforçados pela ativação de genes

específicos, com o CREB, que libera a proteína correspondente. De m odo geral, quanto m ais as proteínas CREB circulam no cérebro, m ais rapidam ente a m em ória de longo prazo é form ada. Isso foi verificado em estudos com m oluscos marinhos, m oscas-das-frutas e ratos. A propriedade principal do MEM

1414 é acelerar a produção de proteínas CREB. Em testes de laboratório, anim ais idosos que receberam MEM 1414 form aram m em órias de longo prazo com um a rapidez significativam ente m aior que o grupo de controle.

Os cientistas estão com eçando tam bém a isolar a bioquím ica exata requerida na form ação de m em ória de longo prazo, tanto no nível genético com o no

m olecular. Quando o processo de form ação de m em ória estiver bem

com preendido, eles poderão desenvolver terapias para acelerar e fortalecer esse processo fundamental. Não só pacientes idosos ou com Alzheimer, mas também bem pessoas em geral poderão usufruir dessa “memória cerebral”.

MEMÓRIAS PODEM SER APAGADAS?

O mal de Alzheimer pode destruir memórias de forma indiscriminada, mas que tal apagá-las seletivamente? A amnésia é um dos temas preferidos em Hollywood. Em *A identidade Bourne*, Jason Bourne (interpretado por Matt Damon), um experiente agente da CIA, é encontrado flutuando na água,

abandonado à morte. Quando volta a si, apresenta uma grave perda de memória.

Ele está sendo perseguido por assassinos que querem matá-lo, mas sequer sabe quem ele mesmo é, o que aconteceu, nem por que querem matá-lo. A única pista para a memória é sua estranha habilidade de lutar instintivamente com o um agente secreto.

Há documentação suficiente para mostrar que a amnésia pode ocorrer devido a acidentes, em decorrência de um trauma com o um forte golpe na cabeça. Mas a memória pode ser apagada seletivamente? No filme *Brilho eterno de uma mente sem lembranças*, estrelado por Jim Carrey, um casal se conhece por acaso num trem e sente imediatamente uma atração mútua. Depois ficam chocados ao descobrir que tinham sido amantes anos atrás, mas não se lembravam disso.

Descobrem que tinham pago a um amnésico para remover as memórias um do outro após uma briga feia. Aparentemente, o destino estava lhes dando uma segunda chance para o amor.

A amnésia seletiva foi levada a um nível surpreendente em *MIB – Homens de preto*, em que Will Smith interpreta um agente de uma obscura organização que usa um “neutralizador” para apagar memórias inconvenientes de OVNI e encontros com alienígenas. Tem até um marcador para indicar o momento inicial em que a memória deve ser apagada.

Todos esses elementos rendem histórias de suspense e recordes de bilheteria, mas alguma dessas coisas será realmente possível, mesmo no futuro?

Sabemos que a amnésia é possível, e que existem dois tipos básicos,

dependendo de qual memória é afetada, se a de curto prazo ou de longo prazo. A

“amnésia retrógrada” ocorre quando há um trauma ou lesão no cérebro e as memórias brancas preexistentes são perdidas, geralmente no evento que causou a amnésia. É um tipo de amnésia semelhante à de Jason Bourne, que perdeu todas as memórias brancas anteriores ao ser abandonado no mar. Aqui o hipocampo ainda está intacto, portanto novas memórias podem ser formadas, mesmo com a memória de longo prazo danificada.

“Amnésia anterógrada” ocorre quando a memória de curto prazo é danificada, e a pessoa tem dificuldade de formar novas memórias brancas após o evento causador da amnésia. Em geral, a amnésia dura de alguns minutos a algumas horas, devido à lesão do hipocampo. A amnésia anterógrada foi apresentada magistralmente no filme *Amnésia*, em que um homem está determinado a vingar a morte da esposa. O problema é que sua memória de longo prazo só dura uns quinze minutos, por isso ele passa o tempo todo escrevendo em pedaços de papel, em fotos, e até faz tatuagens no próprio braço para se lembrar das pistas que descobriu sobre o assassinato. Lendo essas mensagens escritas para si mesmo, ele consegue acumular provas cruciais do que tinha esquecido.

O caso aqui é a perda da memória de longo prazo na ocasião do trauma ou doença, o que torna a amnésia seletiva de Hollywood altamente improvável. Filmes com o *MIB*

– *Homens de preto* se baseiam no argumento de que as memórias brancas são armazenadas sequencialmente, com o primeiro disco rígido, com o qual bastasse clicar na tecla “apagar” escolhendo o ponto inicial. Sabemos, porém, que as memórias de longo prazo são realmente fragmentadas, e as partes separadas são guardadas em diferentes locais do cérebro.

REMÉDIO PARA ESQUECER

Enquanto isso, os cientistas estão estudando certas drogas que podem apagar memórias traumáticas que insistem em nos perturbar. Em 2009, cientistas holandeses liderados pelo dr. Merel Kindt anunciaram a descoberta de novos usos para um velho remédio, chamado propranolol, que poderia agir com o mesmo efeito da droga

“analgésico” para aliviar a dor associada a memórias traumáticas. Esse remédio não provocava a amnésia iniciada em certo ponto do tempo, mas tornava a dor mais tolerável – e, segundo o estudo, em apenas três dias.

A descoberta provocou uma onda de muitos anketes referindo-se a vítimas de transtorno de estresse pós-traumático (TEPT). Todos, de veteranos de guerra a vítimas de abuso sexual ou de acidentes terríveis, sentiram alívio dos sintomas.

Mas o remédio também parecia desafiar as pesquisas sobre o cérebro, que mostram que a memória de longo prazo fica codificada, não eletricamente, mas no nível de moléculas de proteínas. Experimentos recentes, porém, sugerem que lembrar exige a recuperação e a montagem da memória branca, de modo que a estrutura da proteína realmente poderia ser rearranjada nesse processo. Em outras palavras, a recordação modifica a memória branca. Talvez seja esta a razão pela qual o remédio funciona: o propranolol é conhecido por interferir na absorção de adrenalina, que é fundamental para criar as memórias nítidas e duradouras resultantes de eventos traumáticos. “O propranolol se instala na célula

nervosa, e a bloqueia. Assim, a adrenalina, mesmo no presente, não consegue agir”, diz o dr. James McGaugh, da Universidade da Califórnia em Irvine. Em outras palavras, sem adrenalina, a memória branca se esvai.

Testes controlados aplicados em indivíduos com memórias traumáticas apresentaram resultados muito promissores. Mas o remédio encontrou uma barreira na questão ética de apagar a memória. Alguns especialistas em ética não contestaram sua eficácia, mas desaprovaram a ideia de um remédio para esquecer, pois a memória tem o propósito de nos ensinar as lições da vida.

Argumentam que mesmo as memórias desagradáveis servem a um objetivo maior. O remédio foi condenado pelo presidente do Conselho de Bioética. Um relatório concluiu que “dessensibilizar nossa memória para fatos terríveis [iria]

nos deixar confortáveis demais no mundo, indiferentes aos sofrimentos, injustiças e crueldade. (...) É possível ficar insensível às piores tristezas da vida sem ficar insensível também às suas maiores alegrias?”.

O dr. David Magnus, do Centro de Ética Biomédica da Universidade de Stanford, diz: “Por mais que nossos sentimentos, nossos relacionamentos sejam sofridos, aprendemos com essas experiências dolorosas. Elas nos tornam pessoas melhores.”

Outros discordam. O dr. Roger Pitman, da Universidade de Harvard,

diz que, se um médico encontra uma vítima de acidente com dores insuportáveis, “deve privá-lo de medicação porque pode estar privando-o da experiência emocional completa? Quem iria defender isso? Por que a psiquiatria seria diferente?

Acredito que por trás desse argumento se esconde a noção de que distúrbios mentais não são a mesma coisa que distúrbios físicos”.

O resultado desse debate poderá ter influência direta na próxima geração de medicamentos, pois o propranolol não é o único envolvido.

Em 2008, dois grupos independentes trabalhando com animais anunciaram outros medicamentos que poderiam realmente apagar memórias, e não apenas tratar o sofrimento que elas causam. O dr. Joe Tsien, do Medical College of Georgia, e seus colegas de Xangai afirmaram ter eliminado a memória em ratos usando uma proteína chamada CaMKII, e cientistas do SUNY Downstate

Medical Center no Brooklyn, em Nova York, descobriram que a molécula PKMzeta também pode apagar memórias. O dr. Andre Fenson, um dos autores desse segundo estudo, disse: “Se outros trabalhos confirmarem esse parecer, algum dia veremos terapias baseadas no apagamento de memória por

PKMzeta.” Além de apagar memórias, essa droga também “poderia ser útil no tratamento de depressão, ansiedade generalizada, fobias, estresse pós-traumático e dependência de drogas”, acrescentou.

Até o momento a pesquisa se limitou a animais, mas em breve começarão testes com humanos. Se os resultados com humanos forem os mesmos, a pílula do esquecimento poderá virar realidade. Não será como as pílulas de filmes de

Hollywood (que criam uma memória conveniente, numa época precisa, no momento oportuno), mas poderá ter grandes aplicações médicas no mundo real para pessoas perseguidas por lembranças traumáticas. Resta saber, porém, quão seletivo será esse apagamento de memória em humanos.

O QUE PODE DAR ERRADO?

Vai chegar o dia em que poderemos gravar todos os sinais que passam pelo hipocampo, tálamo e pelo resto do sistema límbico, e fazer um registro confiável.

Então, inserindo essa informação no cérebro, poderemos experimentar a totalidade do que outra pessoa já experimentou. A questão é: o que pode dar errado?

De fato, as implicações dessa ideia foram exploradas num filme estrelado por Natalie Wood, *Projeto Brainstorm* (1983), muito avançado para a época. No filme, cientistas criam o Hat, um capacete cheio de eletrodos que grava fielmente todas as sensações de alguém naquele momento. Quando uma pessoa passa a fita gravada para o cérebro, tem exatamente a mesma experiência sensorial. De brincadeira, um dos personagens coloca o Hat enquanto tem relações sexuais e grava a experiência. Depois a fita é regravada repetidas vezes, ampliando a experiência. E quando outra pessoa, desavisada, insere a

experiência no cérebro, quase morre por causa da sobrecarga sensorial. Mais tarde uma cientista tem um infarto fatal, mas antes de morrer ela grava seus momentos finais. Quando um homem põe no cérebro a gravação da morte, ele também tem um infarto e morre.

A informação sobre essa máquina sensorial vazou e o Exército tenta assumir o controle. Isso desencadeia uma luta pelo poder entre os militares, que veem ali uma arma poderosa, e os cientistas que querem usá-la para desvendar os segredos da mente.

O *Projeto Brainstorm*, profeticamente, põe em evidência não só a promessa dessa tecnologia, mas também os possíveis problemas. Trata-se de uma obra de ficção científica, mas alguns cientistas acreditam que, no futuro, esses mesmos problemas possam estar nas máquinas e nos tribunais de justiça.

Já vimos os que houve desenvolvimentos promissores na gravação de uma única lembrança de um rato. Talvez em meados do século seja possível gravar corretamente lembranças de primatas e humanos. Mas para criar o Hat, que grava a totalidade de estímulos entrando no cérebro, é preciso registrar os dados sensoriais brutos que sobem pela medula espinhal até o tálamo. Talvez no fim do século isso aconteça.

QUESTÕES SOCIAIS E LEGAIS

Alguns aspectos desse dilema podem se manifestar em breve. Por um lado, podemos chegar ao ponto de aprender cálculo fazendo o *upload* do conhecimento. O sistema educacional sofrerá mudanças profundas. Talvez isso fará com que os professores deem mais atenção

a cada aluno em áreas do conhecimento e em técnicas, que não podem ser aprendidas com um clique. A formação necessária para se tornar um médico, advogado ou cientista também pode ser reduzida drasticamente por esse método.

Em princípio, pode até nos dar lições de vida que nunca aconteceram, princípios que nunca recebem os alunos antes que nunca tenham os filhos que nunca tiveram os pais. Poderia pensar em deficiências, criando lições perfeitas de uma vida que nunca foi vivida. Os pais vão adorar, pois poderão ensinar aos filhos lições tiradas de lições verdadeiras. A demanda por esse tipo de dispositivo será enorme. Alguns especialistas em ética temem que essas falsas lições sejam tão nítidas que as pessoas prefiram reviver vidas imaginárias a ter as experiências da vida real.

Os desempregados também poderão se beneficiar aprendendo qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, por meio de implantações de memória.

Historicamente, milhões de trabalhadores ficaram para trás cada vez que foi introduzida uma nova tecnologia, muitas vezes sem qualquer aviso. É por isso que não existem mais muitos ferreiros, nem carroceiros. Eles migraram para a indústria automobilística ou outras indústrias. Mas mudar de profissão exige muito tempo e dedicação. Se o conhecimento puder ser implantado no cérebro, haverá um imediatismo no sistema econômico mundial, pois não será preciso desperdiçar tanto capital humano. Até certo ponto, algumas habilidades poderão ser desvalorizadas se qualquer um puder baixar memórias de um determinado conhecimento, mas isso será com o pensamento pela maior quantidade de

trabalhadores qualificados.

A indústria do turismo também será impulsionada. Uma barreira para viagens internacionais é o trabalho de aprender costumes diferentes e conversar em outra língua. Os turistas poderão ter a experiência de viver numa terra estrangeira sem se atrapalhar com a moeda ou o sistema de transportes locais. Embora seja difícil que consigam fazer o *upload* de um idioma inteiro, com milhares de palavras e expressões, pode ser possível implantar informações suficientes para conduzir uma conversa agradável.

Inevavelmente, essas gravações de lições estarão nas redes sociais. No futuro, será possível gravar uma lição e postar na internet para milhões de pessoas terem a mesma experiência. Já

falam os aqui de um a m entenet, através da qual será possível enviar pensamentos. Mas se as lem branças puderem ser gravadas e criadas, será possível tam bém enviar experiências com pletas. Se um

atleta ganhar um a m edalha nas Olim píadas, por que não com partilhar a agonia e o êxtase da vitória, colocando essa lem brança na rede? Se a m oda pegar, bilhões de pessoas poderão com partilhar seu m om ento de glória.

Crianças, que estão sem pre à frente em relação a videogam es e redes sociais, podem ciar o hábito de gravar experiências m em oráveis e publicar na internet.

Assim com o tirar fotos com o celular, gravar lem branças será simples e natural para elas. Para isso, é preciso que tanto o emissor com o o receptor tenham nanofios quase invisíveis conectados ao hipocampo. A informação é enviada sem fio para um servidor que converte a mensagem em sinais digitais que possam ser transmitidos pela internet. Desse modo podem existir blogs, quadros de mensagens, redes sociais e salas de bate-papo onde, em vez fotos e vídeos, são publicadas lem branças e mem órias.

BIBLIOTECA DE ALMAS

Talvez tam bém queiram os ter um a árvore genealógica de m em órias. Quando procuram os registros de antepassados, só encontram os retratos unidim ensionais da vida deles. Ao longo da história da humanidade, as pessoas viveram , am aram e m orreram sem deixar um registro substancial dessa existência. Na m aioria das vezes, encontram os som ente as datas de nascim ento e m orte de nossos ancestrais, com pouca coisa além disso. Hoj e deixam os um longo rastro de docum entos eletrônicos (faturas de cartão de crédito, contas, e-m ails, extratos bancários etc.). Por ser hoj e um m eio m elhor, a rede está se tornando um repositório gigantesco de todos os docum entos que descrevem nossa vida, m as ainda não diz m uito do que pensam os e sentim os. Talvez num futuro distante a rede se torne um a gigantesca biblioteca, contando não só os detalhes de nossa vida, m as tam bém de nossa consciência.

No futuro, as pessoas poderão registrar suas m em órias rotineiram ente, para que seus descendentes possam com partilhar da m esm a experiência. Na

biblioteca de m em órias dos nossos antepassados, poderem os ver e sentir com o eles viveram , e saber com o nos encaixam os nesse contexto m aior.

Isso significa que qualquer pessoa poderá reviver nossa vida, m uito depois da nossa m orte, bastando dar um “play”. Se essa previsão estiver correta, poderem os tam bém “trazer de volta” nossos ancestrais para bater um papo, sim plesm ente inserindo um disco na biblioteca e clicando num botão.

E se quiserm os com partilhar das experiências de nossos personagens históricos preferidos, será possível ver de perto o que eles sentiram ao enfrentar grandes crises. Se tiverm os algum ídolo e quiserm os saber com o ele enfrentou e venceu grandes desafios na vida, é só experienciar as m em órias gravadas e adquirir

conhecim entos valiosos. Im agine com partilhar da m em ória de um cientista ganhador do Prêm io Nobel. Poderem os aprender com o fazer grandes

descobertas. Ou poderem os com partilhar das lem branças de grandes políticos e estadistas quando tom aram decisões que m udaram a história do m undo.

O dr. Miguel Nicolelis acredita que um dia tudo isso será realidade. “Cada uma dessas gravações perenes será valorizada como uma jóia preciosa, uma entre bilhões de mentes também singulares que viveram, amaram, sofreram e prosperaram. Só que elas foram imortalizadas, não confinadas em túmulos frios e silenciosos, mas libertadas por meio de pensamentos brilhantes, amores intensos e tristezas.”

O LADO NEGRO DA TECNOLOGIA

Alguns cientistas ponderaram sobre as implicações éticas dessa tecnologia.

Quase todas as descobertas médicas causaram preocupações éticas quando foram introduzidas. Algumas delas tiveram que ser limitadas ou proibidas por serem prejudiciais (como o caso do talidomida, que causava má-formação de bebês). Outras tiveram tanto sucesso que mudaram nosso conceito de quem somos, como os bebês de proveta. O nascimento de Louise Brown, o primeiro bebê de proveta, em 1978, criou tanto alvoroço na mídia que até o papa deu uma declaração criticando a tecnologia. Mas hoje, seu irmão, filho, cônjuge, ou até você mesmo, pode ser um produto da fertilização *in vitro*. Com o caso de várias tecnologias, o público acabará se acostumando com a ideia de memórias gravadas e com partilhadas.

Outros especialistas em bioética têm preocupações diferentes. O que acontece se nos dão lem-branças sem nossa permissão? O que acontece se essas

lem-branças são dolorosas ou destrutivas? E quanto aos pacientes de Alzheimer, que se beneficiariam com *uploads* de memórias, mas estão doentes demais para dar permissão?

O falecido Bernard Williams, filósofo da Universidade de Oxford, questionou se esse procedimento não perturbaria a ordem natural das coisas, que é esquecer.

“O esquecimento é o processo natural mais benéfico que possuímos”, ele disse.

A possibilidade de implantar memórias tão facilmente quanto implantar arquivos para o computador pode abalar as bases do sistema legal. Se um dos pilares da justiça é a testemunha ocular, o que acontece se falsas memórias são implantadas? E se a memória de um criminoso pode ser criada, também pode ser plantada no cérebro de um inocente. Ou, se um criminoso precisar de um alibi, pode inserir secretamente a memória no cérebro de outra pessoa, convencendo-a de que estavam juntos quando o crime foi cometido. Além disso, não só os

depoimentos verbais, mas também os documentos legais serão suspeitos, porque quando assinam as declarações sob juramento

dependem os da m em ória para esclarecer o que é verdadeiro ou falso.

Será preciso introduzir formas de proteção, criar leis que definam claramente os limites de acesso ou recusa de m em órias. Assim como há leis que restringem o direito da polícia ou de terceiros a entrar em nossa casa, haverá leis restringindo o direito de acessar nossas m em órias sem permissão. Será preciso também criar um meio de marcar essas m em órias para percebermos os que são fictícias. Assim poderemos ter o prazer de recordar uma agradável viagem de férias, mas sabendo que nunca existiu.

Acessar, armazenar e transferir m em órias nos permitem registrar o passado e adquirir novas habilidades. Mas isso não altera nossa capacidade inata de digerir e processar esse volume de informações. Para tanto, precisamos expandir nossa inteligência. O progresso nessa direção encontra dificuldade por não existir uma definição universal de inteligência. No entanto, um exemplo de genialidade e inteligência que ninguém pode contestar é Albert Einstein. É impressionante que sessenta anos após sua morte seu cérebro ainda forneça pistas sobre a natureza da inteligência.

Alguns cientistas acreditam que com uma combinação de terapias

eletromagnéticas, genéticas e medicamentosas, é possível elevar nossa inteligência ao nível de gênio. Eles citam o fato de que há registros de lesões cerebrais que podem fazer com que uma pessoa normalmente adquira subitamente as qualidades de um “savant”, que tem capacidade mental e artística espetacular, muito além do normal. Isso ocorre hoje em consequência de acidentes, mas o que pode acontecer se a ciência conseguir desvendar o segredo desse processo?

O cérebro é maior que o céu

Pois se postos lado a lado

O primeiro o outro contém

E ainda cabe você também

– EMILY DICKINSON

O talentoso acerta um alvo que ninguém consegue acertar. O gênio acerta um alvo que ninguém consegue ver.

– ARTHUR SCHOPENHAUER

6 O CÉREBRO DE EINSTEIN E A EXPANSÃO DE NOSSA INTELIGÊNCIA

O cérebro de Einstein sumiu.

Ou pelo menos ficou sumido durante cinquenta anos, até que os herdeiros do médico, que desapareceram com o cérebro dele pouco depois de sua morte em 1955, devolveram-no ao National Museum of Health and Medicine em 2010. A análise desse cérebro pode ajudar a esclarecer algumas questões: O que é a genialidade? Com o se pode medir inteligência e qual a relação dela com sucesso na vida? Há também questões filosóficas: A genialidade é função dos genes, ou é mais uma questão de esforço e realização pessoal? E, por fim, o cérebro de Einstein pode ajudar a responder a pergunta fundamental: Podem os expandir nossa própria inteligência?

A palavra “Einstein” já não é mais um nome próprio referido a uma pessoa específica. Hoje significa simplesmente “gênio”. A imagem que o nome evoca (calças frouxas, cabelos brancos desalinhados, aparência desarrumada) é igualmente icônica e instantaneamente reconhecível.

O legado de Einstein é imenso. Em 2011, quando alguns físicos sugeriram que ele estava errado, que a barreira da luz podia ser quebrada por partículas, a controvérsia no mundo da física foi tão grande que chegou à imprensa popular. A própria ideia de que a relatividade – a base da física moderna – pudesse estar errada causou indignação em físicos do mundo inteiro. Com o era de se esperar, quando os resultados foram reconsiderados, viu-se que Einstein tinha razão. É

sem perigoso questionar Einstein.

Uma forma de abordar a pergunta “O que é genialidade?” é analisar o cérebro de Einstein. Aparentemente no calor do momento, o dr. Thomas Harvey, médico do Princeton Hospital que estava fazendo a autópsia de Einstein, decidiu preservar secretamente o cérebro dele, sem o conhecimento nem autorização da família.

Talvez ele tenha preservado o cérebro de Einstein com a vaga noção de que algum dia pudesse revelar o segredo da genialidade. Talvez tenha pensado, com muitos outros, que houvesse uma parte peculiar daquele cérebro que abrigasse sua enorme inteligência. Brian Burrell, no livro *Postcards from the Brain Museum*, especula que talvez o dr. Harvey tenha “se deixado levar pelo momento e ficado fora de si diante daquela grandiosidade. O que ele logo descobriu foi que tinha dado um passo maior que a perna”.

O que aconteceu com o cérebro de Einstein depois disso parece mais um a comédia do que um a história científica. Durante anos, o dr. Harvey prometeu publicar o que descobrisse sobre o cérebro de Einstein. Mas ele não era especialista em cérebro, e passou a dar desculpas. O cérebro passou décadas guardado em dois potes grandes de conserva cheios de formol, dentro de um a embalagem de sidra escondida em baixo de um a caixa térmica. Ele chamou um

técnico para cortar o cérebro em 240 partes e, em raras ocasiões, escrevia para alguns cientistas que queriam estudar o cérebro. Certa vez, alguns pedaços do cérebro foram enviados dentro de um vidro de maionese para um cientista em Berkeley.

Quarenta anos depois, Harvey atravessou o país dirigindo um Buick Skylark, levando o cérebro de Einstein num tupperware, com a intenção de devolvê-lo à neta de Einstein, Evelyn. Ela se negou a aceitar. Após a morte do dr. Harvey, em 2007, a coleção de slides e de pedaços do cérebro foi doada para estudos científicos, por decisão dos herdeiros do cientista. A história do cérebro de Einstein é tão inusitada que rendeu um documentário para a televisão.

Vale notar que o cérebro de Einstein não foi o único preservado para a posteridade. O cérebro de um dos maiores gênios da matemática, Carl Friedrich Gauss, conhecido como o “príncipe dos matemáticos”, também foi preservado por um médico, um século antes. Na época, a anatomia do cérebro era tão inexplorada que não se sabia nada além de que o cérebro apresentava dobras e circunvoluções inusitadamente grandes.

Seria de se esperar que o cérebro de Einstein fosse muito mais avançado que o dos humanos normais, que fosse enorme, talvez com áreas anormalmente grandes. Na verdade, viu-se que era o oposto (é um pouco menor, e não maior que o normal). No todo, o cérebro de Einstein é muito como um . Um neurologista que não soubesse a quem pertencia aquele cérebro não o olharia duas vezes.

As únicas diferenças encontradas no cérebro de Einstein são muito pequenas.

Uma parte, chamada giro angular, é maior que o normal, com as regiões parietais inferiores dos dois hemisférios 15% mais largas que a média. Essas partes lidam com o pensamento abstrato, a manipulação de símbolos, com a leitura e a matemática, e o pensamento visual e espacial. Mas continua sendo um cérebro

dentro dos padrões, portanto, não determinasse o gênio de Einstein está na estrutura orgânica do cérebro ou na força de sua personalidade, sua forma de ver o mundo, seu tempo. Num a biografia dele que escrevi, intitulada *O cosmo de Einstein*, ficou claro para mim que certos aspectos da vida dele foram tão importantes quanto qualquer anomalia de seu cérebro. Talvez o próprio Einstein tenha expressado isso melhor ao dizer, “não tenho talentos especiais. (...) Sou apenas apaixonadamente curioso”. Na verdade, Einstein confessou que teve dificuldade com a matemática quando era jovem, e confidenciou a um grupo de meninos: “Por mais que vocês tenham dificuldades com a matemática, as minhas foram maiores.” Então, por que Einstein foi Einstein?

Primeiro, Einstein passou a maior parte do tempo pensando via “experimentos mentais”. Era um físico teórico, e não experimental, e estava sempre fazendo simulações do futuro sofisticadas na cabeça. Em outras palavras, seu laboratório era a mente.

Segundo, era conhecido por passar dez anos ou mais num único experimento mental. Dos 16 aos 26 anos, Einstein se concentrou no problema da luz e se seria possível ultrapassar a velocidade da luz. Isso levou ao nascimento da relatividade especial, que veio a revelar o segredo das estrelas e nos deu a bomba atômica.

Dos 26 aos 36 anos, ele se concentrou em uma teoria da gravidade, que acabou nos dando os buracos negros e a teoria do Big Bang do universo. E dos 36 anos até o fim da vida ele tentou encontrar uma teoria de tudo para unificar toda a física.

A capacidade de passar dez ou mais anos num único problema mostra

claramente a persistência com que ele simulava experimentos na cabeça.

Terceiro, sua personalidade tem muita importância. Nascido na Boêmia, era natural para ele se rebelar contra a física instituída. Nem todo físico tinha a audácia ou imaginação para contestar a teoria de Isaac Newton, dominante na época e nos duzentos anos que precederam Einstein.

Quarto, a época era propícia para o surgimento de um Einstein. Em 1905, o velho mundo físico de Newton estava se desfazendo diante de experimentos sugerindo claramente que uma nova física estava prestes a nascer, à espera de um gênio que abrisse o caminho. Por

exemplo: a misteriosa substância chamada rádio brilhava no escuro e indefinidamente, com o se a energia fosse criada do ar, violando a teoria de conservação da energia. Em outras palavras, Einstein era o homem certo para seu tempo. Se algum dia for possível clonar Einstein a partir das células de seu cérebro preservado, suspeito que o clone não será um novo Einstein. As circunstâncias históricas também têm que ser apropriadas para a criação de um gênio.

A questão aqui é que o gênio talvez seja uma combinação de certas

capacidades mentais inatas com a determinação e o vigor para grandes conquistas. A essência da genialidade de Einstein foi, provavelmente, sua capacidade extraordinária de simular o futuro por meio de experimentos mentais, criando novos princípios físicos via imagens. Como disse o próprio Einstein, “o verdadeiro sinal de inteligência não é o conhecimento, mas a imaginação”. E, para Einstein, a imaginação significava romper as fronteiras do conhecido e penetrar nos domínios do desconhecido.

Todos nós nascemos com algumas capacidades programadas nos genes e na estrutura do cérebro. É uma loteria, questão de sorte. Mas a organização dos pensamentos, das experiências, e a simulação do futuro estão totalmente sob nosso controle. O próprio Charles Darwin escreveu: “Sem preafirmar que, à exceção dos tolos, os homens não diferem muito em intelecto, apenas em dedicação e trabalho árduo.”

A GENIALIDADE PODE SER APRENDIDA?

Isso reabre a questão: Alguém nasce gênio, ou vira gênio? Com o debate inato/adquirido soluciona o mistério da inteligência? Uma pessoa com um pode se tornar um gênio?

Como as células cerebrais têm uma notória dificuldade de crescer, pensava-se que a inteligência já estava pronta e fixa nos jovens adultos. Mas novas pesquisas deixam cada vez mais claro que, à medida que aprende, o cérebro pode sofrer modificações. As células cerebrais não vão sendo adicionadas ao córtex, mas as conexões entre os neurônios mudam cada vez que se aprende algo novo.

Por exemplo: em 2011, cientistas analisaram o cérebro dos famosos taxistas londrinos que precisam decorar as 25 mil ruas do confuso labirinto que a moderna Londres se tornou. São três ou quatro anos de preparação para esse difícil teste, e somente 50% dos alunos são aprovados.

Cientistas da University College London estudaram os cérebros desses

taxistas antes do teste, e os examinaram novamente três ou quatro anos depois. Os que haviam passado no teste apresentaram um volume e de massa cinzenta maior do que tinham antes, numa área chamada hipocampo posterior e anterior. Com o volume, o hipocampo é onde a memória é processada. (Curiosamente, os testes também mostraram que esses taxistas apresentaram resultados mais baixos que o normal no processamento de informação visual, portanto, talvez haja uma barganha, um preço a pagar para assimilar esse volume e de informações.)

“O cérebro humano continua tendo ‘plasticidade’ mesmo na vida adulta, podendo se adaptar quando aprendem coisas novas”, diz Eleanor Maguire, do Wellcome e Trust, que patrocinou o estudo. “Isso estimula os adultos que querem novos aprendizados mais tarde na vida.”

Da mesma forma, o cérebro de ratos que aprenderam tarefas é um pouco diferente do cérebro de ratos que não aprenderam nada. Não é tanto pela mudança no número de neurônios; a natureza das conexões neurais é que foi alterada pelo processo de aprendizado. Em outras palavras, o aprendizado muda de fato a estrutura do cérebro.

Isso lembra o velho ditado “a prática leva à perfeição”. O psicólogo canadense dr. Donald Hebb fez uma descoberta importante sobre as conexões cerebrais: quanto mais exercitam as certas habilidades, mais reforçam os circuitos no cérebro, e portanto as tarefas se tornam mais fáceis. Ao contrário do computador, que continua sendo o mesmo ignorante de sempre, o cérebro é uma máquina que aprende, com a capacidade de reconectar seus circuitos neurais cada vez que aprende alguma coisa. Essa é uma diferença fundamental entre o computador e o cérebro.

Tal lição se aplica não só aos taxistas de Londres, mas também a músicos concertistas experientes. Segundo o psicólogo dr. K. Anders Ericsson e colegas, que estudaram mestres da elite da Academia de Música de Berlim, os melhores violinistas já tinham acumulado dez mil horas de prática aos 20 anos de idade,

estudando mais de trinta horas por semana. Em contraste, ele descobriu que alunos que eram excelentes tinham completado apenas oito mil horas ou menos, e futuros professores de música tinham praticado apenas um total de quatro mil horas. O neurologista Daniel Levitin diz: “O quadro extraído desses estudos é que são necessárias dez mil horas de prática para se atingir o grau de maestria associado a um expert em nível mundial – em qualquer

coisa.

(...) Em todos os estudos, seja com jogadores de basquete, romancistas, esquiadores, pianistas, enxadristas, grandes criminosos, seja o que for, sempre se chega a esse número.” Malcolm Gladwell, em seu livro *Fora de série*, chama isso de “a regra das 10 mil horas”.

COMO SE MEDE A INTELIGÊNCIA?

Mas como se mede a inteligência? Durante séculos, toda discussão sobre inteligência se baseava no boca a boca e em relatos. Mas hoje estudos com IRM

mostram que a principal atividade do cérebro ao resolver problemas

matemáticos envolve o caminho que conecta o córtex pré-frontal (que trata do pensamento racional) aos lobos parietais (que processam os números). Isso tem correlação com os estudos anatômicos do cérebro de Einstein, cujos lobos parietais inferiores são maiores que o normal. Assim, pode-se pensar que a capacidade matemática esteja correlacionada ao aumento dos fluxos de informações entre o córtex pré-frontal e os lobos parietais. Mas o tamanho dessa área do cérebro aumentou devido à grande atividade de trabalho e estudo, ou Einstein já nasceu assim? A resposta ainda não é clara.

O problema principal é que não há sequer uma definição amplamente aceita de inteligência, quanto mais um consenso entre os cientistas sobre a sua origem.

Mas a resposta pode ser decisiva se quisermos expandir a inteligência.

OS TESTES DE Q.I. E O DR. TERMAN

A medida de inteligência mais usada é o teste de Q.I., introduzido pelo dr. Lewis Terman, da Universidade de Stanford, que em 1916 adaptou um teste anterior criado por Alfred Binet para o governo francês. Por muitas décadas, o teste sempre esteve com o critério para medir a inteligência. Terman, de fato, dedicou a vida à ideia de que a inteligência podia ser medida e herdada, e de que era o melhor prognóstico de sucesso na vida.

Cinco anos depois, Terman deu início a um estudo histórico com crianças em

idade escolar, chamado *The Genetic Studies of Genius*. Foi um projeto

am bicioso, com escopo e duração sem precedentes nos anos 1920, e definiu o estilo de pesquisa nesse campo para toda uma geração. Ele acompanhou metodicamente os sucessos e fracassos desses indivíduos durante a vida deles, catalogando suas descobertas em volumosos arquivos. Os estudantes com Q.I. alto foram apelidados de “*Termites*” (cupins).

A princípio, a ideia do dr. Termon fez um enorme sucesso. Tornou-se o padrão de medida para crianças e para outros testes. Durante a Primeira Guerra Mundial, o teste foi aplicado em 1,7 milhão de soldados. Mas, com o passar dos anos, um perfil diferente começou a surgir. Algumas décadas depois, as crianças que tiveram alta pontuação no teste de Q.I. apresentaram um sucesso apenas moderado em relação às que tinham menor pontuação. Termon exibia orgulhosamente alguns de seus estudantes que vieram a receber prêmios e ter empregos bons e bem pagos. Mas ele foi ficando cada vez mais intrigado com a quantidade de alunos entre os mais brilhantes que eram considerados socialmente fracassados, tinham trabalhos subalternos e sem futuro, se envolviam em crimes ou levavam a vida à margem da sociedade. Esses resultados eram muito frustrantes para o dr. Termon, que dedicara a vida a provar que um Q.I. alto garantia sucesso.

SUCESSO NA VIDA E SATISFAÇÃO ADIADA

Uma abordagem diferente foi trazida em 1972 pelo dr. Walter Mischel, também de Stanford, que analisou outra característica em um grupo de crianças: a capacidade de adiar a satisfação. Ele introduziu o “teste do marshmallow”, isto é, a criança preferia ganhar um marshmallow imediatamente, ou dois dali a vinte minutos? Seiscentas crianças de idades entre 4 e 6 anos participaram desse experimento. Com o Mischel verificou, em 1988, quando visitou os participantes, os que adiaram a satisfação eram mais com petentes que os demais.

Em 1990, outro estudo mostrou uma correlação direta entre os que conseguiam adiar a satisfação e os resultados do SAT (teste utilizado no processo de seleção das universidades americanas). E uma pesquisa realizada em 2011

indicou que essa característica permanecia ao longo da vida da pessoa. Os resultados deste e de outros estudos surpreenderam os pesquisadores. As crianças capazes de ter a satisfação adiada tinham maior pontuação em quase todos os indicadores de sucesso na vida:

trabalhos mais bem pagos, menos propensão ao vício em drogas, maior pontuação em testes, melhor formação e integração social *etc.*

No entanto, o mais interessante é que as varreduras cerebrais desses indivíduos

revelaram um padrão definido. Eles apresentaram uma diferença notável no modo de interação do córtex pré-frontal com o corpo estriado ventral, que é uma região ligada ao vício em drogas. (Isso não é de surpreender, dado que o estriado ventral contém o núcleo accumbens, conhecido com o “centro do prazer”. Assim, parece haver uma luta entre a parte do cérebro que busca o prazer e a parte racional que controla a tentação, com o vimos no capítulo 2.)

Essa diferença não é obra do acaso. A interação foi testada por vários grupos independentes ao longo dos anos, com resultados quase idênticos. Outros estudos também verificaram a diferença no circuito frontoestriatal, que parece governar a satisfação adiada. Aparentemente, a característica mais relacionada a sucesso na vida, que tem persistido no tempo, é a capacidade de adiar a satisfação.

Embora seja uma simplificação grosseira, essas varreduras mostram que a conexão entre os lobos pré-frontal e parietal deve ser importante para o pensamento abstrato e ético, ao passo que a conexão entre os sistemas pré-frontal e límbico (que inclui o controle consciente das emoções e o centro de prazer) deve ser essencial para o sucesso na vida.

O dr. Richard Davidson, neurocientista da Universidade de Wisconsin

Madison, conclui que “as notas na escola, a pontuação no vestibular representam menos para o sucesso na vida do que a capacidade de cooperar, de regular as emoções, de adiar a satisfação e de se concentrar. Essas habilidades são muito mais importantes – todos os dados indicam – para o sucesso na vida, do que o Q.I. ou as notas na escola”.

NOVAS FORMAS DE MEDIR INTELIGÊNCIA

É claro que precisamos de novas formas de medir inteligência e sucesso na vida.

Os testes de Q.I. não são inúteis, mas medem apenas uma forma limitada de inteligência. O dr. Michael Sweeney, autor de *Brain: The Complete Mind*, observa que “os testes não medem motivação,

persistência, habilidades sociais, nem um a série de outros atributos para um a vida bem vivida”.

O problema com muitos desses testes padronizados é que pode haver algum desvio inconsciente, devido a influências culturais. Além disso, avaliam apenas uma forma particular de inteligência, que alguns psicólogos chamam de inteligência “convergente”. A inteligência convergente se concentra em apenas uma linha de pensamento, ignorando as formas de inteligência mais complexas,

“divergentes”, que exigem um tipo de mente diferente. Por exemplo: durante a Segunda Guerra Mundial, a Força Aérea Americana pediu a cientistas que criassem um teste psicológico para medir a inteligência e a capacidade dos pilotos de lidar com situações difíceis, inesperadas. Uma pergunta era: Se você

for atingido e cair em território inimigo, o que você faz para sair de lá? Os resultados contradisseram o pensamento convencional.

Anteriormente os psicólogos esperavam que os pilotos com Q.I. alto tivessem um resultado melhor nesse teste também. Na verdade, ocorreu o inverso. Os pilotos com maior pontuação foram os que tinham nível mais elevado de pensamento divergente, os que consideravam muitas linhas de pensamento diferentes. Os pilotos que se sobressaíram eram capazes, por exemplo, de imaginar vários métodos criativos, não ortodoxos, para escapar quando capturados.

A diferença entre pensamento convergente e divergente aparece também em estudos com pacientes de cérebro dividido, mostrando claramente que as conexões em cada hemisfério são voltadas primordialmente para um ou para outro tipo de pensamento. O dr. Ulrich Kraft, de Fulda, na Alemanha, escreve:

“O hemisfério esquerdo é responsável pelo pensamento convergente, e o direito, pelo divergente. O lado esquerdo examina detalhes e os processos lógicos e analíticos, mas não se arrisca nem opera com conexões abstratas. O lado direito é mais imaginativo e intuitivo, tende a operar de modo holístico, integrando as peças de um quebra-cabeça para formar um todo.”

Neste livro, adoto a posição de que a consciência humana envolve capacidade de criar um modelo do mundo e simular-lo no futuro, a fim de atingir metas. Os pilotos que demonstraram ter pensamento divergente foram capazes de simular vários eventos possíveis, com precisão e maior complexidade. Da mesma forma, crianças que

foram capazes de adiar a satisfação no famoso teste do

marshmallow parecem ser as que têm maior capacidade de simular o futuro, de ver a recompensa a longo prazo, e não ansiar por conquistas de curto prazo, do tipo ficar rico logo.

É difícil, mas não impossível, criar um teste de inteligência mais sofisticado, que também especifique a capacidade de simular o futuro. A pessoa é orientada a criar o melhor número possível de cenários realistas do futuro para vencer um jogo, e a pontuação depende do número de simulações imaginadas e do número de relações causais envolvidas em cada simulação. Em vez de medir a capacidade de simular ações, esse novo método irá medir a capacidade de manipular e adaptar essa informação para atingir um objetivo mais ambicioso. Por exemplo: pergunta-se a uma pessoa o que ela faria para fugir de uma ilha deserta cheia de animais selvagens famintos e cobras venenosas. Ele faz uma lista de todas as maneiras de sobreviver, evitar os animais perigosos e sair da ilha, criando uma elaborada árvore causal de resultados e futuros possíveis.

Assim, vemos que há um fio condutor em toda essa discussão, ou seja, a inteligência parece estar ligada à complexidade na simulação de eventos futuros, que está relacionada à nossa discussão anterior sobre consciência.

Mas em vista dos rápidos avanços nos laboratórios de todo o mundo em

pesquisas com campos eletromagnéticos, genética e terapias medicamentosas, será possível, não só medir a inteligência, mas também aumentá-la – para se tornar um outro Einstein?

POTENCIALIZANDO A INTELIGÊNCIA

Essa possibilidade foi explorada no romance *Flores para Algernon* (1958), que dez anos mais tarde deu origem ao filme *Os dois mundos de Charly*. É a triste história da vida de Charly Gordon, que tem um Q.I. 68 e um emprego de aprendiz numa padaria. Ele leva uma vida simplória, não entende que os colegas estão se zombarando dele, e nem sabe soletrar o próprio nome.

Sua única amiga é Alice, uma professora que se comove com ele e tenta ensiná-lo a ler. Um dia, cientistas descobrem um novo procedimento que faz ratos com uns ficarem imediatamente inteligentes. Alice ouve falar nisso e apresenta Charly aos cientistas, que concordam em

aplicar o procedimento a essa primeira cobaia humana. Em poucas semanas, Charly apresenta uma mudança notável. Seu vocabulário aumenta, ele devora livros na biblioteca, torna-se um sedutor, compra obras de arte moderna. Logo começa a ler sobre as teorias da relatividade e quântica, cruzando as fronteiras da física avançada. Ele e Alice inclusive se tornam amigos antes.

Mas depois os cientistas observam que os ratos vão perdendo lentamente as capacidades adquiridas, e morrem. Charly entende que ele também pode perder tudo aquilo e tenta furiosamente usar seu intelecto superior para encontrar a cura, mas não há outro jeito senão testar umhar o próprio declínio. Seu vocabulário vai diminuindo, ele esquece a matemática e a física, e volta gradualmente ao estado anterior. Na cena final, Alice, desolada, vê Charly brincando com crianças num parquinho.

O livro e o filme, em bora pungentes e aclamados pela crítica, foram considerados pura ficção científica. A trama era emocionante e original, mas a ideia de potencializar a inteligência foi considerada absurda. As células do cérebro não se regeneram, diziam os cientistas, portanto a história do filme era obviamente impossível.

Mas não é mais.

Em bora ainda seja impossível aumentar a inteligência, os rápidos avanços em sensores eletromagnéticos, genética e células-tronco podem um dia conseguir tal feito. O interesse científico está especialmente concentrado em “autistas savants”, que possuem capacidades fenomenais, sobre-humanas, que vão além da imaginação. E o mais importante é que em consequência de danos específicos no cérebro, pessoas normais podem adquirir rapidamente poderes quase

miraculosos. Alguns cientistas acreditam até que essas capacidades fantásticas podem ser induzidas com o uso de campos eletromagnéticos.

SAVANTS: SUPERGÊNIOS?

Uma bala atravessou o crânio de Z quando ele tinha 9 anos de idade. Não o matou, como os médicos temiam, mas causou uma lesão tão extensa no lado esquerdo do cérebro que o deixou surdo, mudo e com o lado direito do corpo paralisado.

Contudo, a bala teve um efeito colateral estranho. Z desenvolveu habilidades mecânicas excepcionais e uma memória prodigiosa,

típica dos savants.

Z não é o único. Em 1979, um menino de 10 anos chamado Orlando Serrell ficou inconsciente ao ser atingido por uma bola de beisebol no lado esquerdo da cabeça. No início, ele se queixava de fortes dores de cabeça. Quando as dores passaram, ele se mostrou capaz de fazer cálculos matemáticos

com plicadíssimos, e com uma memória quase fotográfica para certos acontecimentos de sua vida. Ele sabia calcular datas de milhares de anos no futuro.

No mundo inteiro, de aproximadamente sete bilhões de pessoas, existem apenas cem casos documentados desses incríveis savants. (O número é muito maior se incluirmos pessoas com capacidades mentais extraordinárias, mas que não chegam a ser sobre-humanas. Acredita-se que cerca de 10% dos indivíduos autistas têm algumas características de savants.) Esses savants fenomenais possuem capacidades muito além do entendimento científico atual.

Há vários tipos de savants que despertaram recentemente a curiosidade dos cientistas. Cerca de metade deles tem alguma forma de autismo (a outra metade apresenta outros tipos de doença mental ou distúrbios psicológicos). Em geral, eles têm sérios problemas de interação social, o que leva a um profundo isolamento.

Existe também a “síndrome de savant adquirida”, em pessoas que parecem perfeitamente normais e sofrem um trauma extremo em algum momento da vida (por exemplo, ao bater a cabeça no fundo da piscina, ou ao ser atingido por uma bala ou uma bola de beisebol), quase sempre no lado esquerdo do cérebro.

Alguns cientistas, porém, sugerem que essa distinção é enganosa, e que talvez *todas* as capacidades dos savants sejam adquiridas. Dado que os autistas savants começam a apresentar tais capacidades por volta dos 3 ou 4 anos de idade, talvez o autismo (com o um golpe na cabeça) seja o desencadeador.

Os cientistas discordam sobre a origem dessas capacidades extraordinárias.

Alguns acreditam que esses indivíduos simplesmente nasceram assim e, portanto,

são anormalmente únicas, singulares. Suas habilidades, ainda que despertadas por uma bala, são estruturadas no cérebro desde o

nascim ento. Se assim for, talvez essa capacidade nunca possa ser aprendida nem transferida.

Outros afirm am que essa ideia viola a teoria da evolução, que vai sendo increm entada ao longo do tem po. Se existem savants geniais, então todos nós possuím os capacidades sim ilares, em bora em estado latente. Isso significa que um dia poderem os acionar intencionalm ente esses poderes extraordinários?

Alguns acreditam que sim , e há artigos publicados afirm ando que algum as capacidades dos savants estão latentes em todos nós e podem ser despertadas com aplicações de cam pos m agnéticos gerados por estim ulação eletrom agnética transcraniana. Ou talvez tais habilidades tenham um a base genética e, nesse caso, um a terapia com genes poderia recriá-las. E talvez tam bém sej a possível cultivar células-tronco que façam crescer neurônios no córtex pré-frontal e em outros centros im portantes do cérebro. Assim , seria possível aum entar nossas capacidades m entais.

Todos esses cam inhos são fonte de m uita especulação e pesquisa. Podem não só levar os m édicos a reverter as sequelas de doenças com o o Alzheimer, m as tam bém nos aj udar a aum entar a inteligência. As possibilidades são fascinantes.

O prim eiro caso docum entado de savant foi registrado em 1789, pelo dr.

Benj am in Rush, após estudar um indivíduo que parecia ter um a deficiência m ental. No entanto, quando lhe perguntaram quantos segundos tinha vivido um hom em (que tinha 70 anos, 17 dias e 12 horas), ele levou 90 segundos para dar a resposta correta: 2.210.500.800.

O dr. Darold Treffert, m édico de Wisconsin, que durante m uito tem po estudou os savants, conta o caso de um cego ao qual se fez um a pergunta sim ples. Se você colocar um grão de m ilho no prim eiro quadrado de um tabuleiro de xadrez, dois grãos no segundo, quatro grãos no terceiro, e for duplicando na sequência, quantos grãos terão nos 64 quadrados? Em 45 segundos, ele respondeu

corretam ente: 18.446.744.073.709.551.616.

Talvez o exem plo m ais fam oso de savant tenha sido o falecido Kim Peek, que inspirou o film e *Rain Man*, estrelado por Dustin Hoffm an e Tom Cruise. Apesar de ter um a deficiência m ental grave (era incapaz de viver sozinho e m al conseguia am arrar os sapatos e abotoar a cam

isa), Kim Peek m em orizou cerca de 12 mil livros e sabia citar passagens, palavra por palavra, de qualquer página, que levava oito segundos para ser lida. (Ele conseguia decorar um livro em meia hora, mas as lia de um modo muito inusitado: conseguia ler duas páginas ao mesmo tempo, cada uma com um olho.) Em bora fosse incrivelmente tímido, ele passou até a gostar de exibir suas proezas em atitudes diante de espectadores curiosos, que o desafiavam com perguntas capciosas.

É claro que os cientistas precisam ter o cuidado de distinguir as verdadeiras capacidades de savants de simples fórmulas de memorização. Suas habilidades

não são apenas atitudes, mas se estendem incrivelmente à música, às artes e à mecânica. Com os autistas savants têm grande dificuldade de expor verbalmente seus processos mentais, outro caminho é investigar indivíduos que têm síndrome de Asperger, que é uma forma mais amena de autismo. A síndrome só foi reconhecida com o um estado psicológico específico em 1994, portanto existem muito poucas pesquisas sólidas nessa área. Assim com os autistas, os pacientes com Asperger têm dificuldade de interagir socialmente.

Entretanto, com cuidados adequados, podem aprender habilidades sociais suficientes para se manter num emprego e articular seus processos mentais. E

uma pequena parte deles tem notáveis capacidades de savants. Alguns especialistas acreditam que muitos grandes cientistas tinham síndrome de Asperger. Isso explicaria a natureza estranha, reclusa, de físicos como o Isaac Newton e Paul Dirac (um dos fundadores da teoria quântica). Newton, em especial, era patologicamente incapaz de conversar sobre as entidades.

Tive o prazer de entrevistar um desses indivíduos, Daniel Tammet, autor do best-seller *Nascido em um dia azul*. Um dos únicos savants notáveis, ele é capaz de articular seus pensamentos em livros e entrevistas em rádio e televisão. Para alguém que tinha tanta dificuldade de relacionar-se quando criança, ele tem hoje uma excelente capacidade de comunicação.

Daniel se distinguiu por conseguir um recorde mundial de memorização do Pi, um número fundamental na geometria. Ele foi capaz de memorizá-lo com 22.514 casas decimais. Perguntei com o ele tinha se preparado para tal proeza hercúlea, e Daniel me respondeu

que associa um a cor ou textura a cada número.

Então, fiz a pergunta-chave: Se todo dígito tem uma cor ou textura, com o qual você consegue recordar dezenas de milhares delas? Infelizmente, ele disse que não sabia. Apenas lhe ocorre. Os números têm sido sua vida desde criança, e simplesmente aparecem em sua mente, que é um mistério constante de números e cores.

ASPERGER E O VALE DO SILÍCIO

Até aqui, esse debate pode parecer abstrato, sem nenhuma relação direta com nossa vida. Mas o impacto das pessoas com autismo e Asperger pode ser mais amplo do que se pensava, especialmente nos campos da alta tecnologia.

Na popular série de televisão *The Big Bang Theory*, vemos as palhaçadas de jovens cientistas, principalmente físicos nerds, numa procura desastrada por uma namorada. Em cada episódio, há um incidente engraçado que revela como eles são desinformados e patéticos nesse sentido.

Há uma suposição tácita nessa série de TV, de que a inteligência brilhante

deles é compensada apenas à sua esquisitice. E diz-se, meio de brincadeira, que entre os gurus da alta tecnologia no Vale do Silício há uma percentagem maior que a normal de pessoas que carecem de aptidão social. Entre as mulheres que frequentam universidades especializadas em engenharia, onde a proporção de homens é decididamente a favor delas, há um ditado: *“The odds are good, but the goods are odd.”*^[3] Os cientistas decidiram investigar essa suspeita. A hipótese é de que pessoas com Asperger e outras formas de autismo têm

capacidades mentais ideais para certas áreas, como a indústria de tecnologia da informação. Cientistas da University College London examinaram 16 pessoas com diagnóstico de uma forma leve de autismo e as compararam com 16

indivíduos normais. Os dois grupos assistiram a slides contendo letras e números aleatórios, em padrões cada vez mais complexos.

Os resultados mostraram que os indivíduos com autismo tinham uma

capacidade superior de se concentrar na tarefa. De fato, à medida que

a tarefa ficava mais difícil, a diferença entre a capacidade intelectual dos grupos era cada vez maior, com o desempenho dos autistas significativamente melhor. Por outro lado, o teste mostrou que esses indivíduos se distraíam mais facilmente com ruídos externos e luzes piscantes do que o grupo controle.

A dra. Nilli Lavie diz: “Nosso estudo confirmou a hipótese de que pessoas com autismo têm maior capacidade de percepção em comparação com a população normal. (...) Pessoas com autismo são capazes de perceber informações do que um adulto típico.”

Certamente, isso não prova que todas as pessoas intelectualmente brilhantes têm alguma forma de Asperger. Mas indica, sim, que certas áreas que exigem maior capacidade de concentração intelectual podem ter uma proporção mais alta de indivíduos com Asperger.

VARREDURA CEREBRAL DE SAVANTS

O tem a savantism o sem pre foi rodeado de boatos e casos fantásticos. Mas, recentemente, essa área foi revirada de cabeça para baixo com o desenvolvim ento da IRM e outras varreduras cerebrais.

O cérebro de Kim Peek, por exem plo, era incom um . A IRM m ostrou que lhe faltava o corpo caloso ligando o cérebro esquerdo ao direito, o que

provavelm ente explica ele conseguir ler duas páginas ao m esm o tem po. Sua deficiência m ostra foi verificada num a deform ação do cerebelo, a área que controla o equilíbrio. Infelizm ente, a IRM não é capaz de revelar a origem exata de suas extraordinárias habilidades e m em ória fotográfica. Mas, de um m odo geral, varreduras cerebrais m ostraram que m uitos com síndrom e de savant

adquirida sofreram algum dano no lado esquerdo do cérebro.

Os estudos têm se concentrado particularm ente nos córtices tem poral anterior esquerdo e orbitofrontal. Alguns acreditam que talvez *todas* as habilidades dos savants (sej a em autistas, adquiridos, ou aspergers) resultam de um dano nesse local m uito específico do lobo tem poral esquerdo. Essa área pode agir com o um

“censor” que elim ina periodicam ente lem branças irrelevantes. Mas quando ocorre um dano no hem isfério esquerdo, o hem isfério direito assum e. O cérebro direito é m uito m ais preciso do que o esquerdo, que frequentem ente distorce a realidade e cria fabulações. Na verdade, acredita-se que o cérebro direito passa a trabalhar m uito m ais quando o cérebro esquerdo é lesado, e o desenvolvim ento das habilidades típicas dos savants é um a das consequências. Por exem plo: o cérebro direito é m uito m ais artístico do que o esquerdo. Norm alm ente, o lado esquerdo restringe esse talento, e o m antém sob controle. Mas se o cérebro esquerdo é lesado de determ inada form a, pode liberar as habilidades artísticas latentes no cérebro direito, provocando um a explosão de talento artístico. Assim , a chave para liberar as habilidades savants poderia ser a atenuação do cérebro esquerdo para que não restrinj am m ais os talentos naturais do cérebro direito.

Isso costum a ser cham ado de “lesão no esquerdo, com pensação no direito”.

Em 1998, o dr. Bruce Miller, da Universidade da Califórnia em São Francisco, conduziu uma série de estudos, que parecem sustentar essa ideia. Ele e seus colaboradores estudaram cinco indivíduos normais que começaram a apresentar sinais de demência frontotemporal (DFT). À medida que a demência avançava, apareciam as capacidades savants. Quando a demência piorou, vários desses indivíduos começaram a apresentar talentos artísticos cada vez mais

extraordinários, que nunca tinham se manifestado antes. Além disso, os talentos eram típicos do com portamento de savants. As habilidades eram visuais, não auditivas, e seus trabalhos artísticos, embora notáveis, não passavam de cópias, sem qualidades abstratas, simbólicas, nem originalidade. (Um paciente até melhorou durante o estudo, mas em consequência disso seus talentos de savant diminuíram. Isso sugere uma relação próxima entre distúrbios do lobo temporal esquerdo e o surgimento de habilidades savants.)

A análise do dr. Miller aparentemente demonstrou que a degeneração dos córtices temporais anterior esquerdo e orbitofrontal provavelmente reduziram a inibição dos sistemas visuais no hemisfério direito, aumentando assim as habilidades artísticas. Mais uma vez, danos num local específico do hemisfério esquerdo forçaram o hemisfério direito a assumir o comando e se desenvolver.

Além dos savants, também foram realizadas varreduras de IRM em indivíduos com síndrome e hipertimésica, que também apresentam memória fotográfica.

Não sofrem de autismo nem de distúrbios mentais, mas têm algumas características desses pacientes. Em todos os Estados Unidos, foram

documentados apenas quatro casos de memória fotográfica desse tipo. Um deles

é o de Jill Price, administradora escolar em Los Angeles. Ela consegue lembrar exatamente o que estava fazendo em qualquer dia, inclusive décadas atrás. E se queixa de não conseguir apagar certos pensamentos. De fato, seu cérebro parece estar “travado no piloto automático”. Ela compartilha sua memória com uma tela dividida, onde o passado e o presente estão sempre disputando sua atenção.

Cientistas da Universidade da Califórnia em Irvine vêm fazendo varreduras no cérebro de Jill desde o ano 2000, e descobriram anomalias. Várias regiões são maiores que o normal, com o núcleo

caudado (que trata da formação de hábitos) e o lobo tem poral (que armazena fatos e números). Teorizou-se que essas duas áreas operam em conjunto para criar a memória fotográfica. Seu cérebro, portanto, é diferente do cérebro de savants que sofreram lesão ou algum dano no lobo tem poral esquerdo. O motivo é desconhecido, mas as indicações apontam para se chegar a essas fantásticas capacidades mentais.

PODEMOS NOS TORNAR SAVANTS?

Tudo isso aponta para a instigante possibilidade de alguém ser capaz de desativar partes do cérebro esquerdo para aumentar a atividade do hemisfério direito, forçando-o a adquirir habilidades savants.

Lembramos que a estimulação magnética transcraniana (EMT) permite

silenciar efetivamente partes do cérebro. Sendo assim, por que não podem os silenciar partes dos córtices tem poral anterior esquerdo e orbitofrontal, usando a EMT, para nos tornarmos os intencionalmente gênios savants?

Na verdade, essa ideia já foi testada. O dr. Allan Snyder, da Universidade de Sydney, na Austrália, ganhou as manchetes alguns anos atrás quando divulgou que, com aplicações de EMT em certa parte do cérebro esquerdo, os indivíduos de seu experimento conseguiram subitamente realizar façanhas de savants. Ao direcionar ondas magnéticas de baixa frequência para o hemisfério esquerdo, pode-se, em princípio, desligar essa região do cérebro, e o hemisfério direito passa a dominar. O dr. Snyder e colegas fizeram um experimento com 11

voluntários humanos. Aplicaram a EMT na região frontotemporal esquerda desses humanos durante testes com leitura e desenho. Os voluntários não desenvolveram habilidades savants, mas dois deles apresentaram imediatamente significativa na capacidade de revisar textos e detectar palavras duplicadas. Em outro

experimento, o dr. R. L. Young e colegas aplicaram uma bateria de testes psicológicos em 17 indivíduos. Os testes eram específicos para avaliar habilidades savants. (Esse tipo de teste analisa a capacidade de memorização, de manipulação de números e datas, além de criação artística e desempenho

musical.) Cinco indivíduos apresentaram progressos nas habilidades típicas de savants depois do tratamento com EMT.

O dr. Michael Sweeney observou: “Quando aplicada aos lobos pré-frontais, a EMT mostrou que aumentam a rapidez e a agilidade dos processos cognitivos. Os disparos da EMT agem com o aplicações localizadas de cafeína, mas as ninguém sabe ao certo com o os m agnetos realmente operam.” Esses experimentos indicam, mas as não provam, que silenciar uma parte da região frontotemporal esquerda pode desenvolver algumas habilidades. Mas estão longe de ser as dos savants, e devem os também salientar que outros grupos revisaram esses experimentos e os resultados não foram conclusivos. É preciso realizar novas experimentações; ainda é muito cedo para dar uma palavra final concordando ou discordando.

As sondas de EMT são os instrumentos mais fáceis e convenientes para essa finalidade, pois podem silenciar intencionalmente várias partes selecionadas do cérebro, sem acidentes traumáticos nem danos cerebrais. Mas é preciso ressaltar que a sonda de EMT ainda é muito primitiva, silenciando milhares de neurônios de uma vez. Os campos magnéticos, diferentemente das sondas elétricas, não têm muita precisão, mas se estendem por vários centímetros. Sabemos que os córtices temporais anterior esquerdo e orbitofrontal de savants apresentam lesões que provavelmente são responsáveis, pelo menos em parte, por suas capacidades singulares, mas talvez a área específica a ser atenuada seja uma sub-região ainda maior. Assim, uma aplicação de EMT pode desativar algumas áreas que precisam ficar intactas para produzir habilidades de savants.

No futuro, com as sondas de EMT poderem delimitar ainda mais a região do cérebro envolvida no desenvolvimento das habilidades dos savants. Quando essa região for identificada, o passo seguinte será usar sondas elétricas de alta precisão, como as usadas na estimulação cerebral profunda, para atenuar tais áreas com maior exatidão. Então bastará apertar um botão para que essas sondas silenciem uma minúscula porção do cérebro, a fim de despertar as habilidades savants.

ESQUECENDO DE ESQUECER E MEMÓRIA FOTOGRÁFICA

Embora as habilidades savants possam ser ativadas por uma lesão no cérebro esquerdo (exigindo uma conexão com o cérebro direito), isso ainda não explica exatamente como o cérebro direito consegue um desempenho dessa magnitude em termos de memorização. Qual é o mecanismo neural que faz surgir a memória fotográfica? A resposta a essa pergunta talvez determine se poderemos nos tornar savants.

Até recentemente, pensava-se que a memória fotográfica era fruto

de uma capacidade especial de certos cérebros. Se assim fosse, dificilmente uma pessoa com uma memória poderia adquirir essa habilidade de memória, que seria privilégio de cérebros excepcionais. Mas, em 2012, um novo estudo mostrou que a verdade pode estar no extremo oposto.

A explicação para a memória fotográfica não deve ser uma capacidade de cérebros privilegiados; pelo contrário, deve ser sua incapacidade de esquecer. Se isso for verdade, talvez a memória fotográfica não seja algo tão misterioso assim. O novo estudo foi realizado por cientistas do Scripps Research Institute na Flórida, que trabalhavam com moscas-das-frutas. Eles descobriram um modo interessante de aprendizado das moscas, que pode derrubar a ideia estabelecida sobre a formação de memórias de longo prazo e esquecer. As moscas foram expostas a diferentes odores e receberam reforço positivo (com comida) ou reforço negativo (com choques elétricos).

Os cientistas sabem que o neurotransmissor dopamina é importante para a formação de memória. Para surpresa de todos, descobriram que a dopamina regula ativamente *tanto* a formação *como* o esquecimento de novas memórias de longo prazo.

No processo de criação de memória, o receptor dCA1 foi ativado. Em contraste, o esquecimento foi iniciado pela ativação do receptor DAMB.

Anteriormente pensava-se que o esquecimento era simplesmente a degradação das memórias de longo prazo com o passar do tempo, um processo passivo que ocorre por si só. Esse novo estudo mostra que esquecer é um processo ativo, que exige a intervenção da dopamina.

Para provar a descoberta, eles mostraram que, interferindo na ação dos receptores dCA1 e DAMB, podiam aumentar ou diminuir propositalmente a capacidade de memória de longo prazo das moscas-das-frutas. Observaram que uma mutação no receptor dCA1, por exemplo, prejudica a capacidade de memória de longo prazo, e uma mutação no receptor DAMB diminui a capacidade de esquecer.

Os pesquisadores especulam se esse efeito, por sua vez, pode ser parcialmente responsável pelas habilidades dos savants. Talvez eles tenham uma deficiência na capacidade de esquecer. Um dos estudantes que participou da pesquisa, Jacob Berry, diz: “Os savants têm uma alta capacidade de memória. Mas talvez não seja a memória que lhes dá essa capacidade; talvez seja um mecanismo de

esquecimos então. Isso pode vir a ser uma estratégia para o desenvolvimento de medicamentos que melhorem a memória e a cognição – que tal, medicamentos inibidores do esquecimento para melhorar a cognição?”

Supondo-se que esse resultado se aplique da mesma forma a humanos, pode estimular os cientistas a desenvolver novos medicamentos e neurotransmissores capazes de enfraquecer o processo de esquecimento. Neutralizando tal processo, deve ser possível ativar seletivamente a memória fotográfica quando for preciso.

Dessa maneira talvez se consiga eliminar o excesso de informações irrelevantes

e inúteis, que atrapalham o pensamento de pessoas com síndrome de savant.

Também é animadora a possibilidade de que o projeto Brain, apoiado pelo governo de Obama, possa identificar os caminhos específicos envolvidos na síndrome de savant adquirida. O desenvolvimento dos campos dos magnéticos transcranianos ainda é muito incipiente para isolar os poucos neurônios que possam estar envolvidos. Mas, com o uso de nanossondas e das últimas tecnologias de varreduras, o projeto Brain poderá isolar com exatidão os percursos neurais que possibilitam a memória fotográfica e as habilidades computacionais, artísticas e musicais fora do comum. Bilhões de dólares destinados a essa pesquisa serão direcionados para a identificação dos caminhos neurais específicos envolvidos em doenças mentais e outros problemas cerebrais, e o segredo das habilidades dos savants poderá ser revelado. Então, talvez seja possível que indivíduos normais se tornem savants também. Isso já aconteceu muitas vezes no passado em consequência de acidentes variados. No futuro, pode vir a ser um procedimento médico de alta precisão. O tempo dirá.

Até o momento, os métodos analisados aqui não alteram a natureza do cérebro, nem do resto do corpo. Há esperança de que, com o uso de campos magnéticos, sejam capazes de liberar o potencial existente no cérebro em estado de latência. A filosofia por trás dessa ideia é que somamos todos os savants à espera de uma manifestação, e bastaria uma pequena alteração em nossos circuitos neurais para liberar talentos ocultos.

Uma outra técnica seria alterar diretamente o cérebro e os genes, utilizando o que há de mais moderno na ciência do cérebro e tam

bém na genética. Um m étodo prom issor é o uso de células-tronco.

CÉLULAS-TRONCO PARA O CÉREBRO

Durante m uitas décadas, im perou o dogm a de que as células cerebrais não se regeneram . Parecia im possível renovar células velhas, quase m ortas, ou criar outras células para potencializar nossas capacidades. Mas tudo m udou em 1998.

Naquele ano, descobriu-se que era possível encontrar células-tronco no

hipocam po, no bulbo olfativo, e no núcleo caudado de adultos. Resum indo, as células-tronco são a “m ãe de todas as células”. Aa células-tronco de em briões, por exem plo, podem se desenvolver rapidam ente, transform ando-se em

qualquer outra célula.

Em bora cada um a de nossas células contenha todo o m aterial genético

necessário para gerar um ser hum ano, som ente as células-tronco em brionárias podem se diferenciar, transform ando-se em qualquer outro tipo de célula.

Células-tronco de adultos perderam essa capacidade cam aleônica, m as ainda

podem se reproduzir e substituir células velhas e quase m ortas. Em se tratando de m elhorar a m em ória, a atenção se volta para as células-tronco no hipocam po de adultos. Percebeu-se que m ilhares de células novas nascem naturalm ente todos os dias no hipocam po, m as m uitas m orrem logo depois. Entretanto, viu-se que ratos que aprenderam novas habilidades retiveram um a m aior quantidade de células novas. Um a com binação de exercícios e substâncias quím icas

estim ulantes do hum or tam bém pode aum entar m uito a taxa de sobrevivência das células novas do hipocam po. E j á se constatou que o estresse, pelo contrário, acelera a m orte de neurônios novos.

Em 2007, houve um grande avanço quando cientistas em Wisconsin e no Japão conseguiram colher células norm ais da pele hum ana, reprogram ar seus genes e torná-las células-tronco. Há esperança de que as células-tronco, encontradas naturalm ente ou convertidas pela engenharia genética, possam um dia ser inj etadas no cérebro de pacientes com Alzheimer para substituir as células quase m ortas.

Essas novas células cerebrais, com o ainda não têm as conexões apropriadas, não se integram à arquitetura neural. Isso significa que seria necessário reaprender certas habilidades para incorporar os novos neurônios.

Naturalmente, o estudo de células-tronco é uma das áreas mais produtivas das pesquisas sobre o cérebro. “As pesquisas de células-tronco e a medicina regenerativa estão numa fase extremamente animadora. Estamos adquirindo conhecimento com muita rapidez, e estão surgindo diversas empresas que fazem experimentos clínicos em várias áreas”, diz o sueco Jonas Frisén, do Karolinska Institute.

A GENÉTICA DA INTELIGÊNCIA

Além das células-tronco, outra área de investigação se abre com o isolamento dos genes responsáveis pela inteligência humana. Os biólogos afirmam que somos 98,5% geneticamente idênticos aos chimpanzés. No entanto, vivem os dois vezes mais e nos últimos seis milhões de anos tiveram um progresso excepcional em termos de capacidade intelectual. Portanto, os genes responsáveis pelo desenvolvimento do cérebro humano devem estar em um grupo reduzido de genes. Dentro de poucos anos os cientistas terão um mapa com pleto de todas as diferenças genéticas, e o segredo da longevidade e da inteligência superior humana poderá ser encontrado. Os cientistas se concentraram em alguns genes que, possivelmente, impulsionaram a evolução do cérebro humano.

A pista para revelar o segredo da inteligência talvez esteja na nossa compreensão sobre nossos ancestrais simiões. Isso levanta outra questão: Essa pesquisa tornará possível um *Planeta dos macacos*?

Nessa longa série de filmes, uma guerra nuclear destrói a civilização moderna.

A humanidade é reduzida à barbárie, mas a radiação de algum modo acelera a evolução dos primatas, que se tornam a espécie dominante no planeta. Eles criam uma civilização avançada, enquanto os humanos são reduzidos a selvagens imundos e malcheirosos perambulando sem rumo pelas florestas. Os humanos são, no máximo, animais de zoológico. O jogo virou contra os humanos, e o fim é que ficam nos encarando do lado de fora das jaulas.

Em um dos últimos filmes da série, *Planeta dos macacos – A origem*, os cientistas estão procurando a cura do mal de Alzheimer, e esbarram num vírus que por acaso provoca o aumento da inteligência

dos chim panzés. Infelizmente, um dos macacos que ficou mais inteligente é tratado com crueldade ao ser levado para um abrigo de primatas. Usando a nova inteligência, o macaco se liberta, contagia todos os animais do laboratório com o vírus que expande a inteligência, e abre as portas para todos eles. Pouco depois, um macaco multido de macacos inteligentes aparece gritando, toma o controle da ponte Golden Gate, domina todo o local e intimida a polícia. Após um confronto espetacular e angustiante com as autoridades, o filme termina com os macacos se refugiando pacificamente numa floresta de sequoias ao norte da ponte.

Essa história é realista? Em curto prazo, não, mas não pode ser descartada, pois nos próximos anos os cientistas devem catalogar todas as mutações genéticas que criaram o *Homo sapiens*. Mas tem os que solucionam muitos outros mistérios antes de chegarem aos macacos inteligentes.

Uma cientista fascinada, não pela ficção científica, mas pela genética do que nos faz “humanos”, é a dra. Katherine Pollard, especialista numa área chamada

“bioinformática”, que já existia uma década atrás. Nesse campo da biologia, em vez de abrir portas para entender como são os organismos, os pesquisadores usam o enorme poder dos computadores para analisar e interpretar os genes do corpo deles. Ela está à frente das pesquisas sobre os genes que definem a essência do que nos separa dos macacos. Em 2003, recém-graduada doutora pela Universidade da Califórnia em Berkeley, ela teve chance de levar adiante sua pesquisa.

“Agarrei a oportunidade de participar da equipe internacional que estava identificando a sequência de bases de DNA, ou ‘letras’, no genoma do chimpanzé com um”, ela recorda. Sua meta era clara. Ela sabia que somente 15 milhões de pares de bases, ou “letras” que compõem nosso genoma (dentro de três bilhões de pares de base) nos separam dos chimpanzés, nossos vizinhos genéticos mais próximos. (Cada “letra” de nosso código genético se refere a um dos quatro ácidos nucleicos, simplificados por A, T, C e G. Assim, nosso genoma consiste em três bilhões de letras, em sequências do tipo ATTCCAGGG...)

“Eu estava determinando a descobri-las”, disse a doutora.

Isolar esses genes pode ter enormes implicações no futuro. Quando

conhecer os genes que deram origem ao *Homo sapiens*, será possível determinar com o os humanos evoluíram. O segredo da inteligência pode estar nesses genes. Pode até ser possível acelerar o processo da evolução e

desenvolver nossa inteligência. Mas, ainda assim, 15 milhões de pares é um número gigantesco para ser analisado. Com o achar um punhado de agulhas genéticas nesse palheiro genético?

A dra. Pollard sabia que a maior parte do nosso genoma é composto por “DNA lixo”, que não contém genes e praticamente não se alterou com a evolução. Esse DNA lixo sofre mutações lentamente (aproximadamente 1% muda a cada 4

milhões de anos). Com a nossa diferença para os chimpanzés é 1,5% do DNA, isso significa que provavelmente nos separam dos chimpanzés há cerca de 6

milhões de anos. Portanto, existe um “relógio molecular” em cada uma das nossas células. E, com a evolução, acelera a taxa de mutação, uma análise de onde ocorreu essa aceleração permite dizer quais genes estão conduzindo a evolução.

A dra. Pollard ponderou que, se pudesse criar um programa de computador para descobrir onde se localiza, em nosso genoma, a maior parte dessas mutações, ela poderia isolar com exatidão os genes que deram origem ao *Homo sapiens*. Após anos de muito trabalho e aperfeiçoamento, ela finalmente instalou seu programa nos gigantes computadores da Universidade da Califórnia em Santa Cruz. E ficou aguardando ansiosamente os resultados.

Quando finalmente conseguiu o primeiro resultado, ela encontrou o que procurava: 201 regiões do nosso genoma mostravam uma mutação acelerada.

Mas foi a primeira da lista que chamou sua atenção.

“Com meu mentor David Haussler olhando por cima do meu ombro, vi no topo da lista uma sequência de 118 bases que, juntas, ficaram conhecidas com o região acelerada humana 1 (HAR1)”, disse. Ela ficou extasiada. Bingo!

“Acertamos na loteria”, escreveu. Era a realização de um sonho.

Diante dela estava uma área do nosso genoma contendo apenas 118 pares de bases, com a maior divergência de mutações nos separando

dos m acacos.

Nesses pares de bases, apenas 18 m utações foram alteradas desde que nos tornam os hum anos. Sua notável descoberta m ostrou que um as poucas m utações terão sido responsáveis por nos desatolar dos pântanos do passado genético.

Em seguida, ela e seus colegas tentaram decifrar a natureza exata dessa m isteriosa região cham ada HAR1, e viram que perm aneceu espantosa mente estável por m ilhões de anos de evolução. Os prim atas se separaram das galinhas há cerca de 300 m ilhões de anos e apenas dois pares de bases diferenciam chim panzés de galinhas. Portanto, HAR1 tinha perm anecido praticam ente im utável durante centenas de m ilhões de anos, com apenas duas m udanças, nas letras G e C. No entanto, em apenas seis m ilhões de anos, HAR1 teve 18

m utações, o que representa um a enorm e aceleração em nossa evolução.

O m ais enigm ático, porém , era o papel da HAR1 no controle da configuração geral do córtex cerebral, fam oso pela aparência enrugada. Um defeito na região HAR1 provoca um distúrbio cham ado “liscencefalia”, ou “cérebro liso”, que causa dobras incorretas no cérebro. (Defeitos nessa região são tam bém ligados à esquizofrenia.) Além do tam anho grande do nosso córtex cerebral, outra de suas características é ser m uito enrugado e convoluto, o que aum enta m uito a área de superfície e, portanto, a capacidade com putacional. O trabalho da dra. Pollard m ostrou que a variação de apenas 18 letras de nosso genom a era parcialm ente responsável por um a das m ais im portantes e determ inantes m udanças genéticas na história hum ana, am plam ente expandindo nossa inteligência. (Lem brem que o cérebro de um dos m aiores m atem áticos da história, Carl Friedrich Gauss, preservado após sua m orte, exibia um enrugam ento incom um .)

A lista da dra. Pollard foi ainda m ais além , identificando outras centenas de áreas que tam bém acusavam m udança acelerada, algum as das quais j á eram conhecidas. A FOX2, por exem plo, é crucial para o desenvolvim ento da fala, outra característica fundam ental dos hum anos. (Indivíduos com o gene FOX2

defeituoso têm dificuldade em fazer os m ovim entos faciais necessários à fala.) Outra região, cham ada HAR2, dá aos nossos dedos a destreza para m anusear instrum entos delicados.

Além disso, desde que o genoma do homem e de Neandertal foi sequenciado, tornou-se possível comparar nossa constituição genética com a de uma espécie ainda mais próxima que os chimpanzés. Ao analisar o gene FOXP2 em humanos e de Neandertal, os cientistas viram que temos o mesmo gene que eles. Isso significa a possibilidade de que o homem de Neandertal podia vocalizar e criar falas com o nós.

Outro gene crucial é chamado ASPM, supostamente responsável pelo crescimento explosivo de nossa capacidade cerebral. Alguns cientistas acreditam que esse e outros genes podem revelar por que os humanos se tornaram

inteligentes e os macacos não. (Pessoas com uma versão defeituosa do gene ASPM geralmente sofrem de microcefalia, uma forma grave de retardo mental, porque têm o cérebro muito pequeno, do tamanho do cérebro de nossos

ancestrais australopithecus.)

Os cientistas rastrearam o gene ASPM e descobriram que sofreu cerca de 15

mutações nos últimos cinco ou seis milhões de anos, desde que nos separamos dos chimpanzés. Mutações mais recentes nesses genes parecem estar

correlacionadas a marcos importantes em nossa evolução. Por exemplo: ocorreu uma mutação 100 mil anos atrás, quando os humanos modernos surgiram na África, com aparência indistinguível da nossa. E a última mutação ocorreu há 5.800 anos, o que coincide com a introdução da linguagem escrita e da agricultura.

Com essas mutações coincidem com períodos de rápido crescimento do

intelecto, é instigante especular que o ASPM esteja entre os poucos genes responsáveis pela nossa maior inteligência. Se isso for verdade, talvez possam determinar se esses genes ainda estão ativos hoje e, se continuarão a moldar a evolução humana no futuro.

Toda essa pesquisa levanta uma pergunta: A manipulação de alguns genes pode expandir nossa inteligência?

Muito possivelmente.

Os cientistas estão avançando rapidamente na direção do mecanismo exato pelo qual esses genes deram origem à inteligência. Particularmente, regiões genéticas e genes como o HAR1 e o ASPM podem ajudar a solucionar um

mistério do cérebro: se existem aproximadamente 23 mil genes em nosso genoma, como é possível controlarem as conexões entre 100 bilhões de neurônios, totalizando um quadrilhão (um com quinze zeros) de conexões? Parece muito mais possível. O genoma humano é cerca de um trilhão de vezes menor do que precisaria ser para codificar todas as nossas conexões neurais.

Assim, nossa própria existência parece ser uma possibilidade muito antiga.

A resposta pode estar no fato de que a natureza pega inúmeros atalhos para criar o cérebro. Primeiros neurônios têm conexões aleatórias, portanto não há necessidade de um esquema detalhado. Isso significa que as regiões conectadas aleatoriamente se organizam depois que o bebê nasce e começa a interagir com o ambiente.

Segundo, a natureza usa módulos que se repetem diversas vezes. Quando a natureza descobre algo útil, quase sempre o repete. Isso pode explicar como apenas algumas mudanças genéticas são responsáveis por quase todo o

desenvolvimento da nossa inteligência nos últimos seis milhões de anos.

Nesse caso, o tamanho é importante, sim. Se alterarmos o ASPM e alguns outros genes, o cérebro pode ficar maior e mais complexo, tornando possível expandir nossa inteligência. (Aumentar o tamanho do cérebro não basta, dado que a maneira como o cérebro é organizado também importa. Mas aumentar a massa cinzenta é uma pré-condição necessária para o aumento da inteligência.)

MACACOS, GENES E GÊNIOS

A pesquisa da dra. Pollard se concentrou em áreas do genoma que

compartilham com os chimpanzés e que sofreram mutação. É possível também que existam áreas do genoma encontradas apenas em humanos, independentes do genoma dos macacos. Um gene desses foi descoberto

recentemente, em novembro de 2012. Cientistas liderados por um a

equipe da Universidade de Edimburgo isolaram o gene RIM-941, o único descoberto até

agora que é exclusivo do *Homo sapiens*; não é encontrado em primatas.

Geneticistas também mostraram que esse gene surgiu entre seis e um milhão de anos atrás (ou seja, apenas depois que os humanos e os chimpanzés se separaram).

Infelizmente, essa descoberta também ecoou em publicações e blogs

científicos, com muitas anchetes equivocadas borbulhando na internet. Artigos precipitados anunciavam a descoberta de um único gene que, em princípio, podia tornar os chimpanzés inteligentes. A essência de nossa “humanidade” tinha finalmente sido isolada no nível genético, diziam as muitas anchetes.

Cientistas conceituados logo se manifestaram, tentando acalmar os ânimos. É

provável que uma série de genes, em ação conjunta e muito complexa, seja responsável pela inteligência humana. Nenhum gene isolado pode fazer um macaco ter a inteligência de um humano de um dia para o outro, disseram.

Apesar do grande exagero das muitas anchetes, isso de fato levantou uma questão muito séria: O que há de real no *Planeta dos macacos*?

Existe aí uma série de complicações. Se os genes HAR1 e ASPM forem

aprimorados a ponto de expandir repentinamente a estrutura do cérebro dos chimpanzés, uma série de outros genes teria que ser modificada também.

Primeiro, seria preciso fortalecer os músculos do pescoço e aumentar o tamanho do corpo dos chimpanzés para que suportem uma cabeça maior. Mas um cérebro grande seria inútil se não conseguisse controlar os dedos e manusear

instrumentos. Assim, o gene HAR2 também teria que ser alterado para aumentar a destreza. E com os chimpanzés geralmente andando com o apoio das mãos, outros genes teriam que ser alterados para que a coluna vertebral sustentasse uma postura ereta, liberando as mãos. A inteligência seria inútil se os chimpanzés não pudessem se

comunicar pela fala com outros indivíduos da espécie. Portanto, o gene FOX2 também teria que sofrer mutação para tornar possível uma fala semelhante à humana. Por fim, para criar uma espécie de macacos inteligentes, seria preciso alterar o canal vaginal, que não tem largura suficiente para permitir a passagem de um crânio maior. Seria necessário fazer cesariana para tirar o filhote, ou alterar geneticamente o canal vaginal das fêmeas.

Depois de todas essas adaptações genéticas, teremos uma criatura muito parecida conosco. Em outras palavras, pode ser anatomicamente impossível criar macacos inteligentes com o mesmo cérebro humano sem criar mutações que os deixem muito parecidos com seres humanos.

Portanto, é claro que criar macacos inteligentes não é tão fácil. Os macacos inteligentes dos filmes de Hollywood são humanos fantasiados ou imitadores gerados por computador. Assim, todas essas questões são convenientemente varridas para baixo do tapete. Mas se os cientistas pudessem realmente usar a terapia de genes para criar macacos inteligentes, estes seriam muito parecidos conosco, com mãos adequadas para usar instrumentos, cordas vocais para a fala,

coluna vertebral para sustentar a postura ereta e músculos fortes no pescoço para apoiar uma cabeça grande, tal como nós.

Tudo isso levanta questões éticas. Embora a sociedade permita estudos genéticos com macacos, pode não tolerar a manipulação de seres inteligentes que sintam dor e angústia. Afinal, essas criaturas seriam inteligentes e articuladas o suficiente para se queixar de sua situação e seu destino, e a opinião delas seria ouvida pela sociedade.

Como se sabe, essa área da bioética é tão nova que é totalmente inexplorada.

Tal tecnologia ainda não está pronta, mas nas próximas décadas, quando tivermos identificado todos os genes e suas funções que nos separam dos macacos, o tratamento desses animais modificados pode se tornar um tema crítico.

Vemos, portanto, que é apenas uma questão de tempo até que todas as

pequenas diferenças genéticas entre nós e os chimpanzés sejam minuciosamente sequenciadas, analisadas e interpretadas. Mas resta uma questão ainda mais profunda: Quais foram as forças evolutivas que nos deram essa herança genética depois que nos separamos dos macacos? Por que genes como o ASPM, HAR1 e FOX2 vieram a se

desenvolver? Em outras palavras, a genética nos dá a capacidade de entender com o nos tornam os inteligentes, mas não explica por que isso aconteceu.

Se pudermos entender esse problema, talvez consigamos as pistas para saber com o poderemos evoluir no futuro. Isso nos leva ao cerne deste debate: Qual é a origem da inteligência?

A ORIGEM DA INTELIGÊNCIA

Muitas teorias, remontando a Charles Darwin, tentaram explicar por que os humanos desenvolveram uma inteligência maior.

Segundo uma das teorias, a evolução do cérebro humano ocorreu em estágios, tendo a primeira fase se iniciado na mudança climática da África. À medida que o clima esfriava, as florestas diminuía, expulsando nossos ancestrais para planícies abertas, savanas, onde ficavam mais expostos aos predadores e à natureza. Para sobreviver nesse ambiente mais hostil, foram obrigados a caçar e a andar eretos, o que liberou suas mãos e gerou a oposição dos polegares para manusear ferramentas. Isso, por sua vez, privilegiou os cérebros maiores, que coordenavam a fabricação dessas ferramentas. Segundo tal teoria, o homem antigo não fazia ferramentas – “as ferramentas fizeram o homem”.

Nossos ancestrais não descobriram as ferramentas de repente e ficaram inteligentes. Aconteceu o oposto. Os humanos que descobriram como usar instrumentos sobreviveram nas planícies, e os que não usavam foram se

extinguindo. Os humanos que sobreviveram e se desenvolveram nas planícies foram aqueles que, através de adaptações, se adaptaram cada vez mais ao uso e manufatura de ferramentas, o que exigia um cérebro cada vez maior.

Outra teoria destaca nossa natureza social, coletiva. Os humanos conseguem coordenar facilmente o comportamento de mais de 100 indivíduos envolvidos numa situação de caça, agricultura, guerra e construção, grupos muito maiores do que os encontrados entre os outros primatas, o que deu aos humanos uma vantagem sobre os demais animais. Segundo essa teoria, é preciso um cérebro maior para ser capaz de distribuir tarefas e controlar tantos indivíduos. O outro lado da teoria indica que é necessário um cérebro maior para conspirar, tramar, enganar e manipular os outros seres inteligentes da tribo. Os indivíduos capazes de entender os motivos dos outros e

explorá-los têm uma vantagem sobre os desprovidos dessa capacidade. É a teoria machivélica da inteligência.

Uma terceira teoria sustenta que o desenvolvimento da linguagem, que veio depois, acelerou o surgimento da inteligência. A linguagem trouxe o pensamento abstrato e a capacidade de planejar, organizar a sociedade, machear *etc.* Os humanos têm um vocabulário mais extenso que qualquer outro animal, com dezenas de milhares de palavras conhecidas por uma pessoa comum. Com a linguagem, os humanos podiam coordenar e monitorar as atividades de muitos indivíduos, além de lidar com ideias e conceitos abstratos. A linguagem significava poder conduzir grupos de pessoas numa caçada, o que é uma grande vantagem no abate de um mamute grandalhão. Podiam dizer aos outros onde havia caça com fartura, e onde o perigo estava à espreita.

Uma outra teoria, da seleção sexual, defende que as fêmeas preferem se acasalar com machos inteligentes. No reino animal, com o macho alfa, por exemplo, o macho alfa mantém o grupo unido pela força bruta. Qualquer lobo que o desafiar tem que ser escoraçado a dentadas e patadas. Mas, milhares de anos atrás, à medida que os humanos ficavam cada vez mais inteligentes, a força bruta já não era suficiente para manter a união da tribo. Os machos astutos e inteligentes sabiam armarmos boscadadas, mentir, trapacear ou formar facções dentro da tribo para derrubar o macho alfa. Assim, o macho alfa das gerações seguintes já não era obrigatoriamente o mais forte. Com o tempo, o mais esperto e inteligente passou a ser o líder. Provavelmente, essa é a razão pela qual as fêmeas escolhem machos espertos (não necessariamente espertos do tipo nerd, mas que “sabem tudo”). A seleção sexual, por sua vez, acelerou nossa evolução na direção da inteligência. Nesse caso, o motor da expansão do nosso cérebro foram as mulheres que escolheram homens capazes de formular estratégias, de assumir a liderança da tribo e superar outros homens em inteligência, o que requer um cérebro grande.

São poucas as teorias sobre a origem da inteligência, e todas têm prós e contras. O macho alfa parece ser a capacidade de simular o futuro. Por

exemplo: o objetivo do líder é escolher o melhor caminho para a tribo no futuro.

Isso significa que o líder precisa entender as intenções dos outros a fim de planejar estratégias. Portanto, simular o futuro foi talvez uma das forças propulsoras da evolução para nosso cérebro atingir o tamanho

e a inteligência atuais. E quem pode sim ular m elhor o futuro é quem sabe tram ar, conspirar, entender a m ente dos outros m em bros da tribo, e estar sem pre preparado para se defender de ataques.

Da m esm a form a, a linguagem perm ite sim ular o futuro. Os anim ais possuem um a linguagem rudim entar, basicam ente no tem po presente. Essa linguagem pode alertar sobre um perigo im ediato, com o um predador escondido na m oita, m as, ao que parece, não possui tem po passado nem futuro. Os anim ais não conj ugam verbos. Assim , talvez a capacidade de expressar os tem pos passado e futuro tenha sido um a conquista determ inante para o desenvolvim ento da inteligência.

O dr. Daniel Gilbert, psicólogo de Harvard, escreve: “Nas prim eiras centenas de m ilhões de anos, desde seu aparecim ento no planeta, nosso cérebro ficou preso num eterno presente, e m uitos ainda estão. Mas não o seu, nem o m eu, porque dois ou três m ilhões de anos atrás nossos ancestrais iniciaram a grande escapada do aqui e agora.”

O FUTURO DA EVOLUÇÃO

Até aqui vim os resultados curiosos, indicando que é possível desenvolver a m em ória e a inteligência, m as isso se deve, em grande parte, à m aior eficiência e m axim ização da capacidade natural do cérebro. Vários m étodos estão sendo estudados, com o m edicam entos, genes e aparelhos (o de EMT, por exem plo) que podem aum entar as capacidades dos neurônios.

A ideia de alterar o tam anho do cérebro e a capacidade dos m acacos é um a possibilidade, sim , em bora sej a difícil. A terapia de genes, nessa escala, ainda está a m uitas décadas de distância. Mas isso levanta outras questões com plicadas: Até onde isso pode chegar? Podem os estender indefinidam ente a inteligência de um organism o? Ou as leis da física im põem um lim ite à m odificação do cérebro?

A resposta para a últim a pergunta é sim . As leis da física im põem um lim ite ao que pode ser feito em term os de m odificação genética. Há restrições sim . Para conhecer esse lim ite, em prim eiro lugar, é necessário exam inar se a evolução ainda está desenvolvendo a inteligência hum ana, e depois analisar o que pode ser feito para acelerar esse processo natural.

Na cultura popular há a ideia de que no futuro a evolução nos dará um cérebro enorm e e um corpo pequeno e sem pelos. Coincidentem ente, os alienígenas que

vêm do espaço, aos quais se atribui uma inteligência superior, são geralmente retratados assim. Qualquer loja de brinquedos hoje em dia expõe a uma figura extraterrestre com enormes olhos de inseto, cabeça enorme e pele verde.

Na verdade, há indícios de que o grosso da evolução humana (isto é, a forma corporal básica e a inteligência) deu uma parada. Vários fatores sustentam tal suposição. Primeiro, com o som dos mamíferos bípedes que andam eretos, há limitações do tamanho máximo do crânio de um bebê para passar pelo canal vaginal. Segundo, o avanço da tecnologia moderna revelou muitas das pressões evolutivas severas enfrentadas por nossos ancestrais.

Entretanto, a evolução em termos genéticos e moleculares continua sempre.

Embora seja difícil ver a olho nu, há evidências de que a bioquímica humana mudou para se adaptar aos percalços do ambiente, com o, por exemplo, resistir à malária nas climas tropicais. Há pouco tempo, quando aprenderam a domesticar o gado e a beber o leite da vaca, os humanos desenvolveram enzimas que digerem a lactose. Ocorreram mudanças à dieta que os humanos se

adaptavam à dieta criada pela revolução agrícola. Até hoje e as pessoas ainda escolhem os alimentos adaptados e saudáveis com os parceiros, e assim a evolução continua a eliminar genes inadequados nesse aspecto. Nenhum a dessas

mutações, porém, mudou a constituição básica do nosso corpo, nem aumentou o tamanho do nosso cérebro.

Até certo ponto, a tecnologia moderna também influencia na evolução. Por exemplo, não existe mais uma seleção eliminando os miópos, pois todos hoje podem usar óculos ou lentes de contato.

A FÍSICA DO CÉREBRO

Do ponto de vista evolutivo e biológico, a evolução já não seleciona os mais inteligentes, pelo menos não tão rapidamente como ocorria milhares de anos atrás.

Há também indicações, pelas leis da física, de que atingimos o limite natural máximo da inteligência, de modo que qualquer aumento deverá vir de meios externos. Os físicos que estudaram a neurologia do cérebro concluem que há desvantagens que nos impedem de ter mais

ais inteligência. Cada vez que

alm ej am os um cérebro m aior, m ais com plexo ou m ais denso, som os confrontados por tais questões.

O prim eiro princípio da física aplicável ao cérebro é a conservação de m atéria e energia, ou sej a, a lei que estabelece que a quantidade total de m atéria e energia num sistem a perm anece constante. A fim de realizar sua incrível ginástica m ental, o cérebro precisa conservar energia e, para isso, tom a vários

atalhos. Com o vim os no capítulo 1, o que enxergam os com os olhos é na verdade recom posto com truques para poupar energia. Com o fazer um a análise

aprofundada de cada crise gastaria m uito tem po e energia, o cérebro a econom iza com j ulgam entos rápidos na form a de em oções. O esquecim ento é um a outra m aneira de econom izar energia. O cérebro consciente só tem acesso a um a pequena porção das lem branças que têm im pacto sobre ele.

Portanto, a pergunta é: O aum ento do tam anho do cérebro ou da densidade dos neurônios nos daria m ais inteligência?

Provavelm ente, não. “Os neurônios da m assa cinzenta cortical funcionam com axônios m uito próxim os do lim ite físico”, diz o dr. Simon Laughlin, da Universidade de Cambridge. Há várias m aneiras de expandir a inteligência usando as leis da física, m as todas elas apresentam problem as:

Pode-se aum entar o tam anho do cérebro e o com prim ento dos neurônios. O problem a aqui é que o cérebro consom e m ais energia.

Esse processo gera m ais calor, o que é prej udicial à nossa sobrevivência. Se o cérebro usa m ais energia, fica m ais quente, e se a tem peratura do corpo aum enta dem ais, provoca danos nos tecidos.

(As reações quím icas do corpo hum ano e nosso m etabolism o exigem

que a tem peratura se m antenha dentro de um a determ inada faixa.)

Além disso, neurônios mais longos implicam mais tempo para os sinais atravessarem o cérebro, o que retarda o processo de pensamento.

Pode-se aumentar mais neurônios num mesmo espaço, tornando-os mais finos. Mas se os neurônios ficam cada vez mais finos, as complexas reações químicas e elétricas que ocorrem dentro dos axônios começam a falhar, e cada vez mais eles não disparam como devem. Douglas Fox, em um artigo da *Scientific American*, diz que:

“Essa pode ser considerada a meta de todas as limitações: as proteínas que os neurônios usam para gerar pulsos elétricos, chamadas canais iônicos, são inerentemente instáveis.”

Pode-se aumentar a velocidade do sinal, tornando os neurônios mais espessos. Mas isso também aumenta o consumo de energia e gera mais calor. E também aumenta o tamanho do cérebro, fazendo com que os sinais levem mais tempo para atingirem seu destino.

Podem-se acrescentar mais conexões entre os neurônios. Mas isso também aumenta o consumo de energia e a geração de calor, tornando o cérebro maior e mais lento.

Portanto, cada vez que movemos um pedaço do cérebro, levamos um xique-mate. As leis da física parecem indicar que já chegamos ao auge da inteligência que podemos obter dessa forma. A menos que possamos aumentar subitamente o tamanho do crânio, ou a própria natureza dos neurônios, parece que chegamos ao limite máximo da inteligência. Se quisermos expandir a inteligência, a única maneira é tornar o cérebro mais eficiente (via remédios, genes e, possivelmente, equipamentos como o da EMT).

PENSAMENTOS FINAIS

Em suma, nas próximas décadas será possível usar uma combinação de terapia de genes, medicamentos e dispositivos genéticos para expandir nossa inteligência. Há muitas vias de exploração revelando os segredos da inteligência e com ela poderá ser modificada ou melhorada. Mas o que acontecerá com a sociedade, se conseguirmos aprimorar a inteligência e dar um “salto cerebral”?

Os especialistas em ética ponderaram seriamente sobre essa questão, já que a ciência básica vem crescendo com tanta rapidez. O maior medo é de que a sociedade possa se dividir, tendo apenas os ricos e poderosos com acesso a essa tecnologia que solidificaria ainda mais sua posição privilegiada na sociedade. E

os pobres, sem acesso a um maior poder cerebral, teriam ainda mais dificuldade de ascensão social.

Essa é certamente uma preocupação válida, mas contradiz a história da tecnologia. Muitas tecnologias do passado eram de fato destinadas inicialmente aos ricos e poderosos. Mas aos poucos, a produção em massa, a comunicação, os meios de transporte e os avanços tecnológicos fizeram cair os preços, e o cidadão comum passou a poder pagar por elas. (Por exemplo: achamos as refeições de hoje algo muito normal, mas nem o rei da Inglaterra podia tê-las um século atrás. A tecnologia tornou possível comprar em qualquer supermercado iguarias do mundo inteiro, que fariam inveja aos aristocratas da era vitoriana.) Portanto, se for possível expandir a inteligência, o preço da tecnologia também cairá gradualmente. A tecnologia nunca é monopólio dos ricos. Mais cedo ou mais tarde, a criatividade, o trabalho árduo e as próprias forças do mercado fazem baixar os preços.

Há também o medo de que a raça humana se divida entre os que querem desenvolver a inteligência e os que preferem mantê-la como está, resultando no pesadelo de termos uma classe de senhores bramânicos superinteligentes dominando as massas de homens dotados.

Mais uma vez, o medo de um salto na inteligência talvez seja exagerado. As pessoas em geral não têm o menor interesse em solucionar as complexas

equações tensoriais para um buraco negro. As pessoas em geral não têm nada a ganhar dominando a matemática das dimensões

hiperespaciais nem a física da teoria quântica. As pessoas em geral, pelo contrário, podem achar essas atividades muito entediantes e inúteis. Assim, muitos não serão gênios da matemática, se tiverem essa oportunidade, porque não faz parte de sua personalidade, e eles não enxergam nenhuma vantagem nisso.

Tenham os em mente que a sociedade já possui uma classe de matemáticos e físicos de boa formação, que ganham muito menos dinheiro do que qualquer empresário e exercem muito menos poder do que os políticos em geral. Ser superinteligente não garante sucesso financeiro. Na verdade, um superinteligente pode ser relegado aos degraus mais baixos de uma sociedade que valoriza tanto os atletas, estrelas de cinema, humoristas e apresentadores de televisão.

Ninguém jamais ficou rico estudando a relatividade.

Muito vai depender das características que serão ampliadas. Há outras formas de inteligência além da matemática. (Alguns defendem que inteligência inclui o talento artístico. Nesse caso, conseguimos imaginar o uso desse talento para levar uma vida confortável.)

Pais ansiosos de crianças em idade escolar podem querer incrementar o Q.I.

dos filhos nos cursos preparatórios para os exames protocolares. Mas o Q.I., com o vimos, não garante necessariamente sucesso na vida. Da mesma forma, muitas pessoas desejam melhorar a memória, mas, com o vimos com os savants, ter uma memória fotográfica pode ser uma bênção e uma maldição. Nos dois casos, é improvável que o aprimoramento vá contribuir para uma divisão da sociedade.

A sociedade como um todo, porém, pode se beneficiar dessa tecnologia.

Profissionais com maior inteligência estarão mais preparados para lidar com as mudanças frequentes do mercado de trabalho. A requalificação profissional será um gasto menos para a sociedade. Além disso, o público será capaz de tomar decisões conscientes sobre questões tecnológicas importantes para o futuro (por exemplo, mudanças climáticas, energia nuclear, exploração espacial), porque saberá mais sobre esses assuntos complexos.

Tal tecnologia pode contribuir até para o campo das brincadeiras infantis. As crianças que hoje frequentam escolas particulares elitistas e têm professores particulares são mais preparadas para o mercado

de trabalho porque têm mais chances de dominar questões difíceis. Mas se todo mundo tiver a inteligência melhorada, os abismos sociais serão ultrapassados. Assim, os objetivos alcançados pelo indivíduo estarão mais relacionados à sua inclinação, ao brio, imaginação e recursos internos do que ao fato de ter nascido em uma família rica.

Além disso, a expansão da inteligência pode acelerar as inovações tecnológicas. Maior inteligência significa maior capacidade de simular o futuro, o

que é de valor inestimável para as descobertas científicas. Muitas vezes a ciência fica estagnada em certas áreas devido à falta de boas ideias para simular novos caminhos de pesquisa. A capacidade de simular diversos futuros possíveis aumenta bastante a probabilidade de descobertas científicas.

E as conquistas científicas, por sua vez, podem gerar novas indústrias, que enriquecerão toda a sociedade, criando novos mercados, empregos e

oportunidades. A história está cheia de descobertas tecnológicas que criaram indústrias inteiramente novas, beneficiando não só alguns, mas toda a sociedade (por exemplo, o transistor e o laser, que são hoje a base da economia mundial).

Entretanto, na ficção científica sempre há um supermalfeitor que usa seu poder cerebral superior para arquitetar os crimes mais variados e frustrar o super-herói. Todo Super-Homem tem seu Lex Luthor, todo Homem-Aranha tem seu Duende Verde. Embora seja bem possível que um agente criminoso use o aprimoramento cerebral para criar superarmas e planejar o crime do século, a polícia também pode ter a inteligência melhorada para deter o bandido. Assim, os supermalfeitores só serão perigosos se forem os únicos de posse da inteligência aumentada.

Até aqui, examinamos a possibilidade de expandir ou alterar nossas

capacidades mentais por meio da telepatia, telecinesia, *upload* de memória e aprimoramento cerebral. Essas melhorias significam basicamente modificar e aumentar as aptidões mentais de nossa consciência. Isso supõe tacitamente que nossa consciência normal seja a única que existe, mas eu gostaria de investigar se há outras formas de consciência. Se houver, deve também haver outras maneiras de pensar, que levem a resultados e consequências totalmente diferentes.

Em nossos pensamentos, há estados alterados de consciência, com os sonhos, alucinações induzidas por drogas e doença mental. Há também a consciência humana, a consciência dos robôs, e até a consciência dos

alienígenas do espaço sideral. Precisamos descartar a noção chauvinista de que a consciência humana é a única existente. Há meios de criar um modelo do nosso mundo, e meios de simular seu futuro.

Os sonhos, por exemplo, são uma das formas mais antigas de consciência, e foram estudados já na antiguidade. No entanto, até recentemente houve muito pouco progresso em seu entendimento. Talvez os sonhos não sejam eventos bobos, aleatórios, costurados pelo cérebro adormecido, mas as fenômenos que podem nos ajudar a penetrar nos significados da consciência. Os sonhos podem ser fundamentais para o entendimento dos estados alterados de consciência.

3. Trocadilho com o duplo sentido do termo *odd*: “As chances são boas, mas os bons são esquisitos.” (N. da T.)

LIVRO III ALTERAÇÕES DE CONSCIÊNCIA

O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza dos seus sonhos.

– ELEANOR ROOSEVELT

7 EM SEUS SONHOS

Os sonhos podem determinar o destino.

Talvez o sonho mais famoso da antiguidade tenha ocorrido no ano 312 d.C., quando o imperador romano Constantino estava empenhado numa das maiores batalhas de sua vida. Ao encarar um exército inimigo duas vezes maior que o seu, ele percebeu que provavelmente morreria na batalha do dia seguinte. Mas naquela noite ele sonhou com um anjo trazendo a imagem de uma cruz e dizendo as proféticas palavras “Com este símbolo, vencerás”. Imediatamente, Constantino ordenou que todos os escudos fossem adornados com a imagem da cruz.

A história conta que ele saiu triunfante no dia seguinte, consolidando seu domínio à frente do Império Romano. Em vista dessa vitória, Constantino jurou pagar o débito de sangue que tinha para com a religião relativamente obscura chamada cristianismo, perseguida durante séculos pelos imperadores romanos, e cujos adeptos costum

avam servir de alimento para os leões no Coliseu.

Constantino assinou leis que iriam abrir o caminho para que o cristianismo se tornasse a religião oficial de um dos maiores impérios do mundo.

Durante milhares de anos, os sonhos intrigaram tanto reis e rainhas com o mandonismo e ladrões. Os antigos acreditavam que os sonhos eram presságios, e ao longo da história houve incontáveis tentativas de interpretá-los. A Bíblia relata, em Gênesis 41, a façanha de José, que interpretou corretamente o sonho do faraó do Egito, milhares de anos atrás. O faraó sonhou com sete vacas gordas, seguidas por sete vacas magras. Ficou tão aflito, que chamou ou escribas e misticos de todo o reino para encontrar o significado do sonho. Nenhum deles soube dar uma explicação satisfatória, até que José apareceu. Em sua interpretação do sonho, o Egito teria sete anos de boas colheitas e fartura, seguidos por sete anos de seca e fome. Assim, disse José, o Egito precisava começar a estocar os grãos e suprimir gastos, preparando-se para os anos de privação e desespero que viriam.

Quando isso realmente aconteceu, José foi considerado um profeta.

Os sonhos sempre foram associados a profecia, mas assim tem por milhares

anos, são também conhecidos por estimular descobertas científicas. A ideia de que os neurotransmissores facilitam o movimento das informações por meio das sinapses, o que veio a ser a base da neurociência, surgiu num sonho do farmacologista Otto Loewi. Em 1865, August Kekulé sonhou com benzeno, uma molécula em que a ligação dos átomos de carbono forma uma cadeia que se fecha num círculo, com o mesmo a cobra mordendo o próprio rabo. Esse sonho desvendou a estrutura atômica da molécula de benzeno. Ele concluiu: “Vam aprender a sonhar!”

Os sonhos também têm sido interpretados com o intuito de ajudar a pensar para nossos verdadeiros pensamentos e intenções. Michel de Montaigne, o grande escritor e

ensaísta da Renascença, escreveu: “Acredito que os sonhos são a verdadeira interpretação de nossas inclinações, mas é preciso ter a arte de classificá-los e entendê-los.” Mais recentemente, Sigmund Freud propôs uma teoria para explicar a origem dos sonhos. Em sua reconhecida obra *A interpretação dos sonhos*, ele afirma que os sonhos são manifestações de desejos inconscientes, recalçados pela mente consciente, que se libertam durante o sono. Os sonhos não são apenas

fragmentos aleatórios de imaginações inflamadas, mas as revelam realmente segredos e verdades sobre o indivíduo. Na definição de Freud, “o sonho é a estrada real para o inconsciente”. Desde então, foram escritos inúmeros livros afirmando revelar o sentido oculto de qualquer imagem perturbadora sob a ótica da teoria freudiana.

Hollywood se aproveita de nossa eterna fascinação pelos sonhos. Um a cena predileta em muitos filmes é quando o herói tem um pesadelo aterrorizante e de repente acorda banhado em suor. No sucesso de bilheteria *A origem*, Leonardo DiCaprio é um ladrãozinho que rouba segredos íntimos dos mais improváveis de todos os lugares, os sonhos das pessoas. Munido de uma nova invenção, ele entra nos sonhos dos outros e os ilude para revelarem seus segredos financeiros.

Corporações gastam milhões de dólares na proteção de segredos e patentes industriais. Bilionários escondem sua fortuna atrás de códigos complicados. E o trabalho dele é roubá-los. A trama se desenvolve rapidamente quando os personagens entram em sonhos nos quais uma pessoa adormece e sonha

também. Assim os criminosos descem cada vez mais fundo nas múltiplas camadas do inconsciente.

Embora os sonhos sempre tenham nos causado fascínio e perplexidade, apenas na última década, ou pouco mais, os cientistas conseguiram penetrar nos mistérios oníricos. Na verdade, os cientistas realizam hoje algo que era considerado impossível: tiram fotos e gravam vídeos rudimentares de sonhos com aparelhos de IRM. Um dia você poderá ver um vídeo do que sonhou na noite anterior, e conhecer sua mente inconsciente. Com um treinamento adequado, você poderá fazer com que a consciência controle a natureza dos seus sonhos. E talvez, com o personagem de DiCaprio, uma tecnologia avançada permitirá que você entre no sonho alheio.

A NATUREZA DOS SONHOS

Por mais misteriosos que sejam, os sonhos não são um luxo supérfluo, ruminações inúteis de um cérebro ocioso. Na verdade, são essenciais para nossa sobrevivência. As varreduras cerebrais mostram que certos animais têm a atividade cerebral típica do sonho. Se forem privados do sonho, esses animais

podem sofrer mais depressa do que se sucumbissem à fome, porque essa privação prejudicial seria mais do que seu metabolismo. Infelizmente, a ciência não sabe dizer exatamente por que isso acontece.

Sonhar é um aspecto essencial do ciclo do sono. Passam os cerca de duas horas por noite sonhando, e cada sonho dura de cinco a vinte minutos. Durante a vida, passam os cerca de seis anos sonhando.

Os sonhos também têm as mesmas características em toda a raça humana.

Pesquisando diferentes culturas, os cientistas encontraram temas comuns. O

professor de psicologia Calvin Hall registrou 50 mil sonhos num período de 40

anos. E com ele entrou o registro com mil relatos de estudantes universitários.

Com o que esperava, constatou que a maioria das pessoas sonhava com as mesmas coisas, com as experiências dos dias ou semanas anteriores. Os animais, porém, parecem sonhar de forma diferente de nós. No golfinho, por exemplo, apenas um hemisfério adormece de cada vez para evitar afogamento, pois sendo mamíferos e não peixes, eles precisam de ar para respirar. Então, se sonham, provavelmente é com um hemisfério de cada vez.

Com o tempo, o cérebro não é um computador, e sim uma rede neural que se atualiza a cada tarefa aprendida. Os cientistas que trabalham com redes neurais observaram algo interessante. Frequentemente, os sistemas ficam saturados quando aprendem demais, e, em vez de processar mais informação, entram num estado de “sonho”, em que memórias aleatórias às vezes aparecem e se fundem enquanto a rede neural tenta digerir o novo material. Então os sonhos

podem equivaler a um a “faxina” em que o cérebro tenta organizar a memória em forma mais coerente. Se isso for verdade, é possível que todas as redes neurais, inclusive as de todos os organismos capazes de aprender, entrem num estado de sono a fim de fazer um arranjo das lembranças. Nesse caso, os sonhos provavelmente servem a um propósito. Alguns cientistas especulam que isso pode significar que robôs que aprendem com a experiência também podem sonhar.

Estudos neurológicos parecem sustentar essa conclusão. Alguns estudos

mostraram que um período de sono entre a atividade e um teste pode melhorar a retenção de memória. As neuroimagens indicam que as áreas cerebrais ativadas durante o sono são as mesmas que as envolvidas no aprendizado de uma nova tarefa. Talvez sonhar seja útil para consolidar novas informações.

Os sonhos podem também trazer acontecimentos de poucas horas atrás, logo antes de dormir, mas geralmente trazem lembranças de alguns dias antes. Por exemplo: experimentamos mostraram que se alguém usa óculos com lentes cor de rosa, alguns dias depois os sonhos ficam cor de rosa.

VARREDURA CEREBRAL DOS SONHOS

A varredura cerebral está desvendando um pouco dos mistérios dos sonhos.

Normalmente, o EEG mostra que o cérebro emite ondas eletromagnéticas uniformes enquanto estamos acordados. No entanto, quando adormecemos gradualmente, os sinais do EEG mudam a medida da frequência. Depois, quando sonhamos, ondas de energia elétrica entram no tronco encefálico e sobem para as áreas corticais, especialmente para o córtex visual. Isso confirma a ideia de que as imagens visuais são um componente importante dos sonhos. Por fim, entramos no estado de sonho, e as ondas cerebrais são representadas pelo movimento rápido dos olhos (REM, *rapid eye movements*). (Dado que alguns mamíferos também têm a fase REM no sono, podemos deduzir que eles sonham.)

Enquanto as áreas visuais do cérebro estão ativas, áreas ligadas ao odor, sabor e tato são desligadas. Quase todas as imagens e sensações processadas pelo corpo são autogeradas, tendo origem nas vibrações eletromagnéticas do tronco encefálico, e não em estímulos externos. O corpo fica muito isolado do mundo externo e, quando sonhamos, ficamos imóveis ou membros paralisados. Talvez essa paralisia é que nos impede de agir fisicamente conforme o sonho, o que poderia ser desastroso. Cerca de 6% das pessoas sofrem do distúrbio de “paralisia do sono”, em que despertam do sonho ainda paralisadas. Muitas vezes, essas pessoas acordam assustadas, achando que há criaturas prendendo seu peito, braços, pernas. Quadros da era vitoriana retratam mulheres acordando com um duende horroroso sentado em cima delas, encarando-as. Alguns psicólogos acreditam que a paralisia do sono pode explicar a origem da síndrome e da abdução alienígena.

O hipocampo fica ativo quando sonhamos, o que sugere que os sonhos utilizam nosso estoque de lembranças. A amígdala e o cíngulo anterior também ficam ativos, o que significa que os sonhos podem trazer grandes emoções, inclusive o medo.

Ainda mais reveladoras, porém, são as áreas cerebrais que se desligam, com o córtex pré-frontal dorsolateral (que é o centro de comando do cérebro), o córtex orbitofrontal (que age como o censor, ou verificador de fatos) e a região temporoparietal (que processa os sinais sensoriais e o senso espacial).

Quando o córtex pré-frontal dorsolateral está desligado, não podemos

contar com o centro de planejamento racional. Então vagam os aspectos nos sonhos, com o centro visual fornecendo imagens sem o controle racional. Com o córtex orbitofrontal, que verifica os fatos, também está inativo, os sonhos fluem livremente, sem as restrições das leis da física ou do senso comum. E o desligamento do lobo temporal-parietal, que contribui para coordenar o senso de onde estão os pontos de sinais enviados pelo ouvido interno e pelos olhos, pode explicar as experiências fora do corpo quando sonhamos.

Já enfatizam os que a consciência humana representa principalmente o

cérebro, sem precriando modelos do mundo externo e os simulando no futuro.

Nesse caso, os sonhos representam um caminho alternativo de simulação do futuro, em que as leis da natureza e as interações sociais são suspensas temporariamente.

COMO SONHAMOS?

Mas as explicações acima não respondem à seguinte questão: Com os sonhos são gerados? Uma das maiores autoridades no assunto é o dr. Allan Hobson, psiquiatra da Harvard Medical School, que dedicou décadas de sua vida a desvendar os mistérios dos sonhos. Ele afirma que os sonhos, especialmente na fase REM, podem ser estudados em nível neurológico, e que eles surgem quando o cérebro tenta dar sentido aos sinais aleatórios que entram do tronco cerebral.

Quando o entrevistei, dr. Hobson disse que, após décadas de catalogação de sonhos, ele encontrou cinco características básicas:

1. Emoções intensas — isso se deve à ativação da amígdala, provocando emoções como medo.
2. Conteúdo ilógico — os sonhos mudam imediatamente de uma cena para outra, desafiando a lógica.
3. Supostas impressões sensoriais — os sonhos nos dão sensações falsas, que são geradas internamente.
4. Aceitação acrítica de eventos do sonho — aceitamos, sem crítica, a

natureza ilógica do sonho.

5. Dificuldade de lembrar — os sonhos são logo esquecidos, minutos após o despertar.

O dr. Hobson, juntamente com o dr. Robert McCarley, fez história ao propor o primeiro desafio sério à teoria freudiana dos sonhos, denominado “hipótese da ativação-síntese”. Em 1977, eles propuseram a ideia de que os sonhos se originam de disparos aleatórios de neurônios do tronco cerebral, subindo para o córtex que, por sua vez, tenta dar sentido a esses sinais aleatórios.

A chave dos sonhos está em núcleos localizados no tronco cerebral, a parte mais antiga do cérebro, que segregam substâncias químicas especiais, chamadas adrenérgicas, que nos mantêm alertas. Quando vamos dormir, o tronco cerebral ativa outro sistema, o colinérgico, que emite substâncias químicas que nos

colocam no estado de sonho.

Quando sonhamos, os neurônios colinérgicos do tronco cerebral entram em atividade, emitindo pulsos erráticos de energia elétrica chamados ondas PGO

(ponto-genículo-occipital). Essas ondas sobem pelo tronco cerebral e estimulam o córtex visual a criar os sonhos. As células do córtex visual entram em ressonância, vibrando centenas de vezes por segundo de maneira irregular, o que talvez seja responsável pela natureza incoerente dos sonhos.

Esse sistema também emite substâncias químicas que desativam as partes do cérebro responsáveis pela razão e pela lógica. A falta de verificação pelos córtices pré-frontal e orbitofrontal, juntamente com a extrema sensibilidade do cérebro a pensamentos errantes podem explicar a natureza estranha, errática, dos sonhos.

Estudos mostram que é possível entrar no estado colinérgico sem dormir. O dr.

Edgard Garcia-Rill, da Universidade do Arkansas, afirma que meditação, preocupação, ou ficar num tanque de isolamento sensorial podem induzir ao estado colinérgico. Pilotos e motoristas, que passam muitas horas diante da monotonia do para-brisa, sem imagens, também podem entrar nesse estado. Em sua pesquisa, ele descobriu que esquizofrênicos têm uma quantidade incomum de neurônios

colinérgicos no tronco cerebral, o que poderia explicar algumas das alucinações.

Para dar mais consistência a seu estudo, o dr. Allan Hobson mandou suas cobaias dormirem com uma touca especial que registra automaticamente os dados durante o sonho. Um sensor conectado à touca registra os movimentos da cabeça (porque os movimentos da cabeça geralmente ocorrem quando o sonho termina). Outro sensor mede os movimentos das pálpebras (porque o REM faz as pálpebras se mexerem). Quando os sujeitos acordavam, relatavam

imediatamente o que tinham sonhado, e as informações da touca eram colocadas no computador.

Dessa maneira, o dr. Hobson acumulou uma grande quantidade de informação sobre os sonhos. Mas qual é o significado dos sonhos?, perguntei. Ele descarta o que chamamos de “interpretação mística do tipo biscoito da sorte chinês”. E não vê nos sonhos nenhuma mensagem oculta vinda do cosmos.

Ele acredita que, após as ondas PGO subirem pelo tronco cerebral para as áreas corticais, o córtex tenta dar sentido aos sinais erráticos, e inventa uma narrativa a partir deles: o sonho.

A FOTOGRAFIA DE UM SONHO

No passado, quase todos os cientistas evitavam estudar os sonhos, porque são

muito subjetivos e têm uma longa história associada ao misticismo e ao psiquismo. Mas com a IRM, os sonhos estão revelando seus segredos. De fato, com os centros cerebrais que controlam o sonho são quase idênticos aos que controlam a visão, é possível fotografar o sonho. Esse trabalho pioneiro está sendo feito em Kioto, no Japão, por cientistas do ATR Computational and Neuroscience Laboratories.

Os sujeitos são colocados no aparelho de IRM, onde lhes são apresentadas 400

imagens em preto e branco, cada uma consistindo em um conjunto de pontos num quadro de 10x10 pixels. As imagens são projetadas uma a uma e a IRM

registra a resposta do cérebro a cada coleção de pixels. Assim com outros grupos que trabalham nessa área de interface cérebro-máquina, os cientistas criam uma enciclopédia, onde cada imagem corresponde a um único padrão de IRM. Dessa maneira, os cientistas podem trabalhar no sentido inverso para reconstruir corretamente as imagens autogeradas na varredura por IRM

enquanto o sujeito estava sonhando.

Yukiyasu Kamitani, cientista chefe do ATR, disse: “Essa tecnologia pode também ser aplicada a outros sentidos além da visão. No futuro, pode até ser possível ler sentimentos e estados emocionais complicados.” Assim, qualquer estado mental pode ser transformado em imagem, inclusive os sonhos, desde que se faça um glossário dos estados mentais e imagens de IRM correspondentes.

Os cientistas de Kioto se concentraram em analisar fotografias geradas pela mente. No capítulo 3, vimos uma abordagem semelhante, introduzida por Jack Gallant, em que, com ajuda de uma fórmula com pixels, os voxels da varredura por IRM em 3D podem ser usados para reconstruir a imagem vista pelo olho.

Um processo similar permitiu ao dr. Gallant e sua equipe criar um vídeo rudimentar de um sonho. Quando visitei seu laboratório em Berkeley, conversei com um membro da equipe de pós-doutorado,

dr. Shinji e Nishimoto, que me permitiu assistir ao vídeo de um sonho, um dos primeiros a serem feitos. Vi uma série de rostos tremulando na tela do computador, significando que a cobaia (nesse caso, o próprio dr. Nishimoto) estava sonhando com pessoas, e não com animais ou objetos. É extraordinário. Infelizmente, a tecnologia ainda não é suficientemente boa para se ver com exatidão os traços das pessoas que aparecem no sonho, portanto, o próximo passo será aumentar o número de pixels, para que as imagens fiquem mais com plexas. Outro avanço será reproduzir imagens em cores em vez de preto e branco.

Fiz ao dr. Nishimoto a pergunta crucial: Com o que você sabe que o vídeo é fiel?

Com o que você sabe que o aparelho não está inventando coisas? Ele ficou um pouco encabulado ao responder que esse era um ponto fraco da pesquisa.

Normalmente, o registro do sonho só é possível durante alguns minutos após o despertar. Depois disso, muitos sonhos se perdem nas névoas da consciência, e não é fácil verificar os resultados.

O dr. Gallant me disse que essa pesquisa sobre gravação de sonhos estava em desenvolvimento e que ainda não tinha condições de ser publicada. Resta um longo caminho a percorrer antes que possam os assistir a um vídeo do sonho da noite anterior.

SONHOS LÚCIDOS

Os cientistas estão investigando também uma forma de sonho que já se pensou ser um mito: o sonho lúcido, ou sonhar em estado consciente. Parece uma contradição de termos, mas foi verificado em varreduras cerebrais. No sonho lúcido, a pessoa sabe que está sonhando e pode, conscientemente, controlar a direção do sonho. Embora a ciência só tenha começado a fazer experimentos com sonhos lúcidos recentemente, há referências de séculos anteriores a esse fenômeno. No budismo, por exemplo, existem livros que citam sonhadores lúcidos e até ensinam a se tornar um deles. No decorrer do tempo, várias pessoas na Europa escreveram relatos detalhados de sonhos lúcidos.

Varreduras cerebrais de sonhadores lúcidos mostram que o fenômeno é real.

Durante a fase REM, o córtex pré-frontal dorsolateral dessas pessoas, geralmente adormecido quando alguém normalmente sonha, continua

ativo, indicando certa consciência enquanto ele sonha. De fato, quanto mais lúcido é o sonho, mais ativo fica o córtex pré-frontal dorsolateral. Com o esse córtex representa a parte consciente do cérebro, o sonhador deve ter consciência de que está sonhando.

O dr. Hobson me disse que qualquer pessoa pode aprender a ter sonhos lúcidos com a utilização de certas técnicas. Especialmente quem tem sonhos lúcidos deve manter um caderno para anotar o que sonha. Antes de dormir, devem se lembrar de que irão “acordar” no meio do sonho, sabendo que estão se

movimentando num mundo de sonhos. É importante ter isso em mente antes de pôr a cabeça no travesseiro. Com o corpo fica bem paralisado na fase REM, é difícil enviar ao mundo externo um sinal de que se começou a sonhar, mas o dr.

Stephen LaBerge, da Universidade de Stanford, estudou sonhadores lúcidos (inclusive ele próprio) que conseguem sinalizar para o mundo externo que estão sonhando.

Em 2011, cientistas usaram pela primeira vez sensores de IRM e EEG para medir o conteúdo de sonhos, e até fizeram contato com uma pessoa sonhando.

No Max Planck Institute, em Munique e Leipzig, cientistas tiveram ajuda de sonhadores lúcidos equipados com sensores de EEG para determinar o momento em que entravam na fase REM. E então eram colocados no aparelho de IRM.

Antes de adormecer, os sonhadores concordaram em fazer uma série de movimentos de olhos e respiração, com um código Morse, enquanto sonhavam.

Quando começassem a sonhar, deveriam cerrar o punho direito e depois o esquerdo durante dez segundos. Era o sinal de que estavam sonhando.

Os cientistas observaram que quando as cobaias começaram a sonhar, o córtex sensorimotor (responsável pelo controle de ações motoras, com o apertar os punhos) era ativado. A IRM captava que os punhos estavam sendo cerrados, e qual punho era cerrado primeiro. Depois, usando outro sensor (um espectrômetro quase infravermelho), confirmaram que havia maior atividade na região cerebral que controla o planejamento de movimentos.

“Nossos sonhos, portanto, não são um ‘filme do sono’, ao qual apenas

assistim os passivam ente; eles exigem atividade em regiões cerebrais relevantes para o seu conteúdo”, diz Michael Czisch, líder de um a equipe de pesquisa no Max Planck Institute.

ENTRANDO NUM SONHO

Se podem os nos com unicar com um a pessoa que está sonhando, então é tam bém possível interferirm os no sonho de alguém ? Sim , provavelm ente.

Com o vim os, os cientistas j á deram os prim eiros passos na gravação de im agens de sonhos, e nos próxim os anos será possível obter fotos e vídeos com um a precisão m uito m aior. Com o os cientistas j á conseguem estabelecer um canal de com unicação entre o m undo real e um sonhador lúcido no m undo da fantasia, em princípio, os cientistas serão capazes de m odificar o curso do sonho.

Digam os que cientistas estej am assistindo ao vídeo de um sonho usando um aparelho de IRM enquanto o sonho se desenrola em tem po real. Enquanto a pessoa vaga pelo m undo dos sonhos, os cientistas podem dizer para onde ela está indo e orientá-la sobre um a direção diferente.

Assim , num futuro próxim o, talvez sej a possível assistir ao vídeo de um sonho e influenciar seu curso. Mas no film e *A origem*, Leonardo DiCaprio vai m uito além . Ele é capaz não só de assistir ao sonho de outras pessoas, m as de entrar no sonho delas. Será possível?

Já vim os que ficam os paralisados quando sonham os, portanto, não colocam os em prática as fantasias do sonho, o que seria desastroso. Contudo, os sonâmbulos geralm ente andam dorm indo com os olhos abertos (em bora o olhar pareça em baçado). Desse m odo, eles vivem num m undo híbrido, m eio real, m eio sonho.

Há m uitos casos docum entados de pessoas andando em volta da casa, dirigindo carro, cortando lenha, e até com etendo hom icídio nesse estado de sonho, onde os m undos da realidade e da fantasia se m isturam . Assim , é possível que as im agens físicas que o olho enxerga possam de fato interagir livremente com as im agens fictícias que o cérebro fabrica durante um sonho.

A m aneira de entrar no sonho alheio, portanto, deve ser colocar na cabaia lentes de contato que proj etem as im agens diretamente em sua retina. Protótipos de lentes de contato conectadas à internet j á estão sendo desenvolvidos na Universidade de Washington em Seattle. Assim , se o observador quiser entrar nesse sonho, ele precisa ficar num estúdio sendo film ado por um a câm era de vídeo. Sua im agem será proj etada nas lentes de contato do sonhador, criando um a im

agem com posta (a im agem do observador superposta à cena im aginária que o cérebro está produzindo).

O observador pode então ver realm ente o m undo sonhado onde ele agora está presente, porque ele tam bém está usando lentes de contato conectadas à internet.

A im agem em IRM do sonho da cobaia é decifrada pelo com putador e enviada diretam ente para as lentes de contato do observador.

Assim , o observador pode m udar a direção do sonho em que ele entrou.

Andando pelo estúdio vazio, o observador poderá ver o sonho se desenrolar em suas lentes de contato e interagir com os obj etos e pessoas que aparecem nele.

Será um a experiência incrível, pois o cenário m uda de repente, im agens aparecem e desaparecem sem m otivo algum , e as leis da física estão suspensas.

Vale tudo.

Num futuro ainda m ais distante, talvez sej a possível entrar no sonho de alguém conectando dois cérebros em estado de sono. Cada cérebro teria que ser conectado a um aparelho de IRM ligado a um com putador central, que iria fundir os dois sonhos num só. Prim eiro, o com putador teria que transform ar a varredura cerebral de cada um em im agem de vídeo. Depois, o sonho de um deles seria enviado para as áreas sensoriais do cérebro do outro, de m odo que o sonho do segundo se fundisse com o do prim eiro. Entretanto, a tecnologia de gravação de vídeo e de interpretação de sonhos terá que avançar m uito até isso se tornar um a possibilidade real.

Mas isso levanta outra questão: Se é possível alterar o curso do sonho de alguém , então é possível controlar não só o sonho, m as tam bém a m ente de outra pessoa? Durante a Guerra Fria, isso foi um tem a de extrem a gravidade, com os Estados Unidos e a União Soviética em penhados num j ogo m ortal, tentando usar técnicas psicológicas para controlar a vontade do outro.

A m ente é só o que o cérebro faz.

– MARVIN MINSKY

8 A MENTE PODE SER CONTROLADA?

Um touro enfurecido adentra a arena vazia em Córdoba, na Espanha. Durante gerações, esses ferozes animais têm sido criados para maximizar seus instintos de matar. Então um professor de Yale entra calmamente na arena. Em vez de usar um paletó de tweed, ele está vestido com o mesmo toureiro corajoso, com uma vistosa jaqueta justa dourada. Ele abana a capa vermelha e provoca o touro. O

professor não parece aterrorizado, mas sim tranquilo, confiante, até desligado.

Para um observador, parece que o professor ficou maluco e quer se suicidar.

Enfurecido, o touro se depara com o professor e subitamente ataca, matando-o com seus chifres mortais. O professor não sai correndo de medo. Ele tem uma caixinha na mão. Diante das câmeras, aperta um botão e o touro para no mesmo instante. O professor estava tão confiante que arriscou a vida para provar que dominava a arte de controlar a mente de um touro raivoso.

O professor de Yale era o dr. José Delgado, que estava anos à frente de seu tempo. Nos anos 1960, foi pioneiro em uma série de experimentos notáveis, porém perturbadores, com animais em cujo cérebro ele colocava eletrodos para controlar seus movimentos. A fim de fazer o touro parar, ele inseriu eletrodos no estriado do gânglio basal, na base do cérebro do animal, que é ligado à coordenação motora.

O professor fez uma série de experimentos com macacos, tentando rearranjar sua hierarquia social ao apertar um botão. Depois de implantar eletrodos no núcleo caudado (uma região associada ao controle motor) do mesmo grupo, Delgado conseguiu reduzir a agressividade do líder. Os machos delta, sem a ameaça de retaliação, comêram-se impotentes, tomando o território e os privilégios normalmente exclusivos do alfa. Enquanto isso, o mesmo macho alfa parecia ter perdido o interesse em defender seu território.

Depois o dr. Delgado apertou outro botão e o mesmo macho alfa voltou ao normal instantaneamente, reassumindo o comportamento agressivo e o lugar de rei do pedaço. Os machos delta fugiram com medo.

Delgado foi o primeiro na história a demonstrar que era possível controlar a mente de animais dessa maneira. Tornou-se um titereiro, manipulando os cordões de marionetes vivas.

Como era de se esperar, a comunidade científica viu com desconforto o trabalho de Delgado. Para piorar a situação, ele escreveu um livro,

em 1969, com o provocativo título *Physical Control of the Mind: Toward a Psychocivilized Society*, que levantou uma questão incômoda: se cientistas como o dr. Delgado estão manipulando as cordinhas, quem vai controlar os titereiros?

O trabalho de Delgado põe em foco os enormes perigos e promessas da

tecnologia. Nas mãos de um ditador inescrupuloso, essa tecnologia pode ser usada para manipular e controlar seus infelizes subordinados. Mas ela também

pode ser usada para libertar milhões de pessoas aprisionadas em doenças mentais, aterrorizadas por alucinações ou consumidas por ansiedades.

Anos mais tarde, um jornalista perguntou ao dr. Delgado por que ele tinha iniciado aqueles experimentos controversos. Ele respondeu que desejava corrigir os horrendos abusos sofridos pelos doentes mentais. Eles eram submetidos a lobotomias radicais, em que o córtex pré-frontal é dilacerado por uma faca pontuda, com o um furador de gelo, e enfiada a marteladas no cérebro logo acima do olho. Em geral, os resultados eram trágicos, e alguns dos horrores foram expostos no romance de Ken Kesey, *Um estranho no ninho*, que virou filme e estrelado por Jack Nicholson. Alguns pacientes ficavam calmos e relaxados, mas muitos outros se tornavam zumbis, letárgicos, indiferentes à dor e aos sentimentos, emocionalmente vazios. Essa prática era tão difundida que, em 1949, Antonio Moniz ganhou o Prêmio Nobel por aperfeiçoar a lobotomia. Em 1950, a União Soviética proibiu essa tecnologia, declarando-a “contrária aos princípios de humanidade”, e a acusando de transformar “um insano num idiota”. No total, estima-se que foram realizadas 40 mil lobotomias somente nos Estados Unidos, durante duas décadas.

O CONTROLE DA MENTE E A GUERRA FRIA

Outro motivo para a falta de receptividade ao trabalho do dr. Delgado foi o clima político da época. A Guerra Fria estava no auge, com lembranças dolorosas de soldados norte-americanos prisioneiros exibidos diante das câmeras durante a Guerra da Coreia. Esses soldados, com o olhar vazio, admitiam ser espiões em missões secretas, confessavam horrendos crimes de guerra e denunciavam o imperialismo dos Estados Unidos.

Para dar sentido a essas cenas, a imprensa usava o termo “lavagem

cerebral”, com a ideia de que os comunistas tinham desenvolvido drogas e técnicas secretas para transformar os soldados em zumbis manipuláveis. Nesse clima político carregado, Frank Sinatra estrelou, em 1962, o filme de suspense sobre a Guerra Fria intitulado *Sob o domínio do mal*, em que ele tenta expor um agente secreto com comunista infiltrado cujo missão é assassinar o presidente dos Estados Unidos.

Mas a trama dá uma virada. O verdadeiro assassino é um respeitado herói de guerra norte-americano que foi capturado e submetido à lavagem cerebral pelos comunistas. Nascido numa família muito bem relacionada, o agente secreto está acima de qualquer suspeita, e é quase impossível detê-lo. *Sob o domínio do mal* reflete o medo dos norte-americanos naquela época.

Muitos desses medos foram retratados no profético romance de 1931 de Aldous Huxley, *Admirável mundo novo*. Nessa distopia há grandes fábricas de

bebês de proveta que produzem clones. Privando os fetos de oxigênio, seletivamente, conseguem produzir crianças com diversos graus de lesão cerebral. No topo estão os alfas, que não sofrem de lesões no cérebro e foram criados para comandar a sociedade. No nível mais baixo estão os ípsilons, que sofreram danos cerebrais consideráveis e são usados como operários obedientes e descartáveis. Nos níveis intermediários estão outras categorias de trabalhadores e os burocratas. A elite controla a população com drogas que alteram a mente, com amor livre e lavagem cerebral. Desse modo, a paz, a tranquilidade e a harmonia são mantidas, mas a história traz uma questão perturbadora, que tem ressonâncias até os dias de hoje: quanto da nossa liberdade e dos princípios básicos de humanidade querem os sacrificar em nome da paz e da ordem social?

EXPERIMENTOS DA CIA EM CONTROLE DA MENTE

A histeria da Guerra Fria chegou aos níveis altos escalões da CIA. Considerando os soviéticos muito mais avançados no domínio da lavagem cerebral e de métodos científicos não ortodoxos, a CIA se dedicou a vários projetos sigilosos, com o MKULTRA, que teve início em 1953, para explorar ideias grotescas e marginais.

(Em 1973, quando o escândalo de Watergate espalhou pânico no governo, o diretor da CIA, Richard Helms, cancelou o MKULTRA e mandou destruir

imediatamente todos os documentos ligados ao projeto. No entanto,

20 m il docum entos escondidos sobreviveram e foram divulgados em 1977, sob o Freedom of Inform ation Act, revelando todo o alcance daquela ação.)

Hoj e sabe-se que, entre 1953 e 1973, o MKULTRA financiou 80 instituições, inclusive 44 universidades e faculdades, vários hospitais, laboratórios farm acêuticos e presídios, e foram feitos experim entos em pessoas sem a autorização delas, em 150 operações secretas. A certa altura, 6% do orçam ento de toda a CIA era destinado ao MKULTRA.

Alguns desses proj etos de controle da m ente eram :

o desenvolvim ento de um “soro da verdade” que faria os prisioneiros confessarem seus segredos;

apagam ento de m em ória, num proj eto da Marinha dos Estados Unidos cham ado “Subproj ect 54”;

uso de hipnose e de várias drogas, principalm ente LSD, para controle de com portam ento;

pesquisa em uso de drogas de controle da m ente contra líderes estrangeiros, por exem plo, Fidel Castro;

aperfeiçoam ento de vários m étodos de interrogatório de prisioneiros;

desenvolvim ento de um a droga fatal de efeito rápido e sem vestígios; alteração da personalidade por m eio de drogas, para deixar as

pessoas m ais m aleáveis.

Em bora m uitos cientistas questionassem a validade desses estudos, outros prosseguiram nessa linha. Foram recrutados especialistas de diversas áreas, abrangendo físicos, m édiuns e cientistas da com putação, para investigar um a variedade de proj etos não ortodoxos, desde experim entos com drogas que alteram a m ente, com o o LSD, até a m issão dada a m édiuns de localizar subm arinos soviéticos patrulhando as profundezas do m ar, entre outros. Num triste incidente, deram secretam ente LSD a um cientista do Exército dos Estados Unidos. Segundo alguns relatórios, ele ficou tão desorientado

e violento que cometeu suicídio, se atirando de um a janelas.

A maioria desses experimentos era justificada pela ideia de que os soviéticos estavam mais avançados que os norte-americanos em termos de controle da mente. O Senado dos Estados Unidos recebeu um relatório secreto dizendo que os soviéticos estavam fazendo experimentos com radiação de micro-ondas diretamente no cérebro de cobaias humanas. Em vez de denunciar essa ação, os Estados Unidos viram ali um “grande potencial de desenvolvimento de um sistema para desorientar ou romper os padrões de comportamento de militares e diplomatas”. O Exército dos norte-americanos chegou a afirmar que seria possível incutir palavras e até discursos inteiros na mente do inimigo: “Um conceito de isca e armadilha (...) é criar, por um meio remoto, ruídos na cabeça dos indivíduos, expondo-os a pulsos de micro-ondas de baixa potência. (...) É

possível criar um discurso inteligível escolhendo-se adequadamente as características dos pulsos. (...) Assim pode ser possível ‘falar’ com determinados adversários de um modo que os desconcerte ao máximo”, dizia o relatório.

Infelizmente, nenhum desses experimentos foi verificado por especialistas, de modo que milhares de dólares dos contribuintes foram gastos em projetos com o efeito, que muito provavelmente violam as leis da física, pois o cérebro humano não pode receber radiação de micro-ondas e, principalmente, não tem

capacidade de decodificar mensagens desse tipo. O dr. Steve Rose, biólogo da Open University, classificou essa trama a esdrúxula de uma “impossibilidade neurocientífica”.

Apesar dos milhares de dólares gastos nesses “projetos escusos”, deles não resultou qualquer descoberta científica confiável. Na verdade, o uso de drogas para alterar a mente criou desorientação, e até pânico, nas cobaias, mas o

Pentágono não atingiu a principal meta, que era controlar a mente consciente de outra pessoa.

Segundo o psicólogo Robert Jay Lifton, a lavagem cerebral realizada pelos comunistas tinha pouco efeito em longo prazo. A maioria dos soldados americanos que denunciaram os Estados Unidos durante a Guerra da Coreia recuperou a personalidade anterior pouco após serem libertados. Além disso, estudos com pessoas que sofreram lavagem cerebral em certas situações mostram que elas retomam a

personalidade original após se desligarem da seita. Tudo indica que, no final das contas, a personalidade básica não é afetada pela lavagem cerebral.

Certamente, os militares não foram os primeiros a fazer experimentos de controle da mente. No passado, feitiçeiros e videntes davam poções para fazer com que os capturados falassem ou se voltassem contra seus líderes. Um dos métodos mais antigos de controle da mente foi o hipnotismo.

VOCÊ ESTÁ FICANDO COM SONO, MUITO SONO...

Lembra-se de, quando criança, assistir a programas de televisão sobre hipnose.

Num dos programas, uma pessoa em estado hipnótico recebeu a sugestão de que seria uma galinha ao despertar do transe. O público ficou abismado ao ver a pessoa batendo os braços e cacarejando no palco. Por mais dramática que tenha sido essa demonstração, era simplesmente um exemplo de “hipnose teatral”.

Livros escritos por mágicos profissionais e apresentadores de programas de televisão revelam que eles utilizam atores infiltrados na plateia, usam a força da sugestão, e até a disposição da vítima para fazer parte do espetáculo.

Uma vez apresentei um documentário de TV da BBC/Discovery chamado

Time, e surgiu o tema das memórias perdidas há muito tempo. É possível evocar memórias tão distantes através da hipnose? E se for, é possível alguém impor sua vontade sobre a outra pessoa? Para testar essas ideias, deixei-me hipnotizar para um programa de TV.

A BBC contratou um hipnotizador profissional muito competente. Ele pediu que eu me deitasse, numa sala escura e silenciosa, e falou comigo em tom suave, lentamente, fazendo-me relaxar. Em seguida, me disse para pensar em algo do passado, algum lugar ou incidente que ainda se destacava na memória depois de tantos anos. Disse-me para reentrar naquele lugar, vivenciando tudo o que vi ali, os sons, os cheiros. Para minha surpresa, comecei a ver lugares e pessoas de que eu me esquecera há décadas. Era como assistir a um filme desfocado que ia ficando nítido aos poucos. Mas então a recordação terminou. Em certo ponto, não consegui lembrar de mais nada. Havia claramente um limite ao que a

hipnose podia fazer.

Varreduras por EEG e IRM mostram que durante a hipnose o sujeito tem um mínimo de estimulação sensorial externa nos córtices sensoriais. Assim, a hipnose facilita o acesso a algumas lembranças já enterradas, mas certamente não muda a personalidade, os objetivos nem os desejos de alguém. Um documento secreto do Pentágono, de 1966, corrobora isso, explicando que o hipnotismo não é uma arma de guerra confiável. “É provavelmente significativo que, na longa história da hipnose, cuja aplicação potencial ao serviço de inteligência sem precedentes foi conhecida, não existam relatos confiáveis de seu uso efetivo por um serviço de inteligência”, diz o documento.

Vale notar também que as varreduras cerebrais mostram que a hipnose não é um novo estado de consciência, com o mesmo sonho na fase REM. Se definirmos a consciência humana como um processo de construção contínua de modelos do mundo externo e então simularmos com esses modelos evoluem no futuro para atingir um objetivo, veremos que a hipnose não altera esse processo básico. A hipnose pode acentuar certos aspectos da consciência e ajudar a recuperar lembranças, mas não pode fazer alguém cacarejar com o galinha sem o consentimento da própria pessoa.

DROGAS QUE ALTERAM A CONSCIÊNCIA E SOROS DA VERDADE

Uma das metas do MKULTRA era a criação de um soro da verdade que levasse espiões e prisioneiros a revelar segredos. Embora o MKULTRA tenha sido extinto em 1973, os manuais de interrogatório da CIA e do Exército dos EUA tornados públicos pelo Pentágono em 1996 ainda recomendavam o uso de soros da verdade (apesar de o Supremo Tribunal dos Estados Unidos determinar que uma confissão obtida por esse meio é uma “coerção inconstitucional” e portanto inadmissível num julgamento).

Quem assiste a filmes de Hollywood sabe que o pentotal sódico é o soro da verdade predileto dos espiões (com os filmes *True Lies*, com Arnold Schwarzenegger, e *Entrando numa fria maior ainda*, com Robert De Niro). A droga faz parte de uma classe maior de barbitúricos, sedativos e hipnóticos capazes de ultrapassar a barreira sangue-cérebro que impede substâncias químicas nocivas na corrente sanguínea de penetrarem no cérebro.

É por isso que drogas que alteram a mente, com o álcool, nos afetam tanto, pois atravessam essa barreira. O pentotal sódico reduz a atividade do córtex pré-

frontal e a pessoa fica mais relaxada, falante e desinibida. No entanto, isso não significa que fale a verdade. Pelo contrário, as pessoas sob a influência da substância, tal como as que beberam demais, são perfeitas em coisas capazes de

mentir. Os “segredos” que saem da boca de alguém sob o efeito dessa droga podem ser grandes mentiras, e por isso até a CIA desistiu de usá-la.

Contudo, isso não exclui a possibilidade de algum dia descobrirem uma droga espetacular que possa alterar nossa consciência básica. Essa droga poderia alterar as sinapses entre as fibras nervosas, agindo sobre os neurotransmissores que operam nessa área, como a dopamina, a serotonina ou a acetilcolina. Se pensarmos nas sinapses como um a série de cabines de pedágio numa rodovia, certas drogas (estimulantes como a cocaína, por exemplo) poderiam abrir a cancela do pedágio, deixando passar livremente as mensagens. A súbita aceleração mental que os drogados sentem ocorre porque todas as cancelas são abertas ao mesmo tempo, provocando uma avalanche de sinais. Mas quando todas as sinapses disparam em uníssono, só podem ser ativadas de novo horas depois. É como se todas as barreiras de pedágio se fechassem, o que causa a súbita depressão que se segue à aceleração. O desejo do corpo de vivenciar novamente a aceleração é que causa o vício.

COMO AS DROGAS ALTERAM A MENTE

A base bioquímica das drogas que alteram a mente não era conhecida quando a CIA fez os experimentos em cobaias desavisadas, mas, desde então, a base molecular do vício em drogas tem sido muito pesquisada. Estudos com animais mostraram a força do vício em drogas: ratos, camundongos ou primatas, tendo oportunidade, usam drogas como a cocaína, heroína e anfetaminas até caírem de exaustão ou morrerem em consequência do uso.

Para avaliar a extensão desse problema, considere que, em 2007, 13 milhões de norte-americanos, a partir de 12 anos (5% da população de adolescentes e adultos do país), experimentou ou se viciou em metanfetaminas. O vício em drogas não só destrói uma vida, mas destrói sistematicamente o cérebro.

Varreduras por IRM de viciados em metanfetamina mostram uma redução de 11% do tamanho do sistema límbico, que processa emoções, e 8% de perda de tecido no hipocampo, que é o portal da memória. A IRM mostra que o dano é de certa forma com parável ao

encontrado em pacientes de Alzheimer. Mas, apesar da destruição que a metanfetamina causa no cérebro, os viciados persistem no vício porque produz uma sensação até 12 vezes maior do que uma refeição deliciosa ou sexo.

Basicamente, o “barato” da droga deve-se ao fato de a substância capturar o próprio sistema de prazer/satisfação do cérebro, localizado no sistema límbico.

Esse circuito de prazer/satisfação é muito primitivo, datando de milhões de anos de história evolucionária, mas ainda é extremamente importante para a

sobrevivência humana, porque premia o comportamento benéfico e pune as ações prejudiciais. Quando esse circuito é assumido pelas drogas, o resultado pode ser devastador. As drogas furam a barreira sangue-cérebro e causam uma superprodução de neurotransmissores como a dopamina, que inunda o núcleo accumbens, um pequeno centro de prazer perto da amígdala. A dopamina, por sua vez, é produzida por certas células cerebrais na área tegmental ventral, chamadas células da ATV.

Todas as drogas funcionam basicamente da mesma maneira, bloqueando o circuito ATV – núcleo accumbens, que controla o fluxo de dopamina e outros neurotransmissores para o centro de prazer. As drogas diferem somente no modo pelo qual esse processo ocorre. Há pelo menos três drogas principais que estimulam o centro de prazer no cérebro: dopamina, serotonina e noradrenalina.

Todas dão uma sensação de prazer, euforia e falsa confiança, além de produzir um surto de energia.

A cocaína e outros estimulantes funcionam de duas formas. Primeiro, estimulam diretamente as células da ATV para produzirem mais dopamina, provocando um fluxo excessivo da substância no núcleo accumbens. Segundo, evitam que as células da ATV voltem à posição “desligada”, mantendo-as numa produção contínua de dopamina. Além disso, impedem a absorção de serotonina e noradrenalina. O fluxo simultâneo desses três neurotransmissores nos circuitos neurais cria o grande “barato” associado à cocaína.

Em contraste, a heroína e outros opiáceos funcionam neutralizando as células da ATV que podem reduzir a produção de dopamina, gerando assim uma

superprodução desta.

Drogas como o LSD operam estimulando a produção de serotonina, que induz uma sensação de bem-estar, determinação e afeição. Mas também estimulam áreas do lobo tem poral a alucinações. (Bastam 50 microgramas de LSD para produzir alucinações. A absorção do LSD é tão intensa que aumentar a dose não surte maior efeito.)

Com o passar do tempo, a CIA percebeu que drogas que alteram a mente não eram a solução mágica que estavam procurando. As alucinações e os vícios que acompanham essas drogas as tornam muito instáveis e imprevisíveis, podendo gerar muitos problemas do que benefícios em situações políticas delicadas.

Vale notar que somente nos últimos anos a IRM do cérebro de viciados em drogas indicou um novo meio de curar, ou pelo menos tratar, algumas formas de vício. Por acaso, viu-se que vítimas de derrame e com lesão na ínsula (localizada no meio do cérebro, entre o córtex pré-frontal e o tem poral) tinham uma facilidade maior para deixar de fumar do que a média dos fumantes. Esse resultado foi verificado em usuários de drogas como a cocaína, álcool, opiáceos e nicotina. Se esse resultado for confirmado, pode significar que, aumentando a atividade da ínsula por meio de eletrodos ou estimuladores magnéticos, seja

possível tratar o vício. “É a primeira vez que vemos algo assim, uma lesão numa área cerebral específica que pode eliminar totalmente o problema do vício. É

incompreensível”, disse a dra. Nora Volkow, diretora do National Institute on Drug Abuse. No momento, não se sabe como isso funciona, porque a ínsula está ligada a uma grande variedade de funções cerebrais, inclusive percepção, controle motor e consciência de si. Mas se o resultado for comprovado, pode mudar todo o cenário dos estudos sobre vício em drogas.

INVESTIGANDO O CÉREBRO COM OPTOGENÉTICA

Esses experimentos em controle da mente foram realizados principalmente numa época em que o cérebro era um grande mistério, com muitos tentos de tentativa e erro que geralmente fracassavam. Entretanto, devido à explosão de dispositivos de sondagem cerebral, surgiram novas oportunidades que não apenas podem nos ajudar a entender o cérebro, mas também nos ensinar a controlá-lo.

A optogenética, com o tempo, é um dos campos científicos que se desenvolve com maior velocidade nos dias de hoje. O objetivo

básico é identificar qual percurso neural corresponde a qual tipo de comportamento. A optogenética começa com um gene chamado opsina, muito peculiar, porque é sensível à luz. (Acredita-se que o surgimento desse gene, centenas de milhões de anos atrás, tenha sido responsável pela criação do primeiro olho. Nessa teoria, um pedacinho de pele sensível à luz evoluiu para se tornar a retina.)

Quando o gene opsina é inserido num neurônio e exposto à luz, o neurônio pode ser acionado. Ligando um interruptor, pode-se reconhecer imediatamente o percurso neural para certos comportamentos, porque as proteínas fabricadas pela opsina conduzem eletricidade e disparam.

A parte mais difícil, porém, é inserir esse gene num único neurônio. Para isso, usa-se uma técnica tomada emprestada da engenharia genética. O gene opsina é inserido num vírus inócuo (cujo os genes humanos foram removidos) e, com instrumentos de precisão, é possível aplicar esse vírus num só neurônio. O vírus infecta o neurônio, inserindo seus genes nele. Quando se irradia luz no tecido neural, esse neurônio é ativado. Desse modo é possível estabelecer o percurso exato de determinadas mensagens.

A optogenética não se limita a permitir a identificação de certos percursos irradiando luz sobre eles, mas também permite aos cientistas controlar o comportamento. Esse método já mostrou ser um sucesso. Há muito tempo se suspeitava de que um simples circuito neural era capaz de espantar as moscas-das-frutas. Usando esse método, foi possível identificar o percurso exato por trás dessa fuga. Bastava acender uma luz nas moscas e elas saíam voando

obedientemente.

Hoje, usando um feixe de luz, os cientistas podem até fazer as moscas pararem de se contorcer e, em 2011, fizeram outra grande descoberta. Em Stanford, eles conseguiram inserir um gene opsina numa região exata da amígdala de um rato.

Criados especificamente para serem tímidos, esses ratos ficavam encolhidos na gaiola, mas, quando um feixe de luz foi lançado no cérebro deles, perderam imediatamente a timidez e passaram a examinar a gaiola.

As implicações são enormes. Enquanto as moscas-das-frutas podem ter mecanismos de reflexo simples, envolvendo apenas alguns neurônios, os camundongos possuem um sistema límbico que tem

contrapartes no ser hum ano.

Apesar de muitos experimentos que funcionam com camundongos não se aplicarem a seres humanos, é possível que algum dia os cientistas encontrem os caminhos neurais exatos de certas doenças mentais, e que a partir daí seja possível tratá-las sem efeitos colaterais. Com o disse o dr. Edward Boyden, do MIT, “Se quisermos desligar um circuito cerebral e a alternativa for a remoção cirúrgica de uma região cerebral, o implante de fibra ótica pode ser o mais indicado”.

Uma aplicação prática é o tratamento do mal de Parkinson. Com o vimos, a doença pode ser tratada com estimulação cerebral profunda, mas, com o falta precisão ao posicionamento dos eletrodos no cérebro, há sempre o perigo de derrame, hemorragia, infecção etc. A estimulação profunda do cérebro pode também causar efeitos colaterais com o tontura e contrações musculares, porque os eletrodos podem, acidentalmente, estimular neurônios indevidos. A optogenética pode aprimorar a estimulação cerebral profunda, ao identificar exatamente os caminhos neurais que não disparam corretamente, no nível de neurônios individuais.

Vítimas de paralisia também podem se beneficiar dessa nova tecnologia.

Com o vimos no capítulo 4, alguns indivíduos tetraplégicos foram ligados a um computador para controlar um braço mecânico mas, com o não têm o sentido do tato, podem derrubar ou quebrar o objeto que desejam pegar. “Ao enviar informação dos sensores, colocados nas próteses dos dedos, diretamente para o cérebro com o uso da optogenética, em princípio, é possível fornecer um sentido do tato bastante preciso”, disse o dr. Krishna Shenoy, de Stanford.

A optogenética pode também ajudar a esclarecer quais são os percursos neurais envolvidos no comportamento humano. De fato, já existem planos de experimentação dessa técnica com seres humanos, principalmente no caso de doenças mentais. É claro que haverá grandes dificuldades. Primeiro, a técnica exige abrir o crânio e, se os neurônios a serem estudados estiverem localizados lá no meio do cérebro, o procedimento será ainda mais invasivo. Além disso, será preciso inserir no cérebro fios muito finos que irradiem luz no neurônio modificado para ativar o comportamento desejado.

Quando esses percursos neurais forem decifrados, será possível estimulá-los, provocando comportamentos estranhos em animais (com o, por exemplo, camundongos correndo em círculos). Em breve os

cientistas estej am apenas com eçando a traçar os percursos neurais que controlam com portam entos anim ais sim ples, no futuro tam bém haverá um a enciclopédia de

com portam entos hum anos. Contudo, em m ãos erradas, a optogenética pode ser usada para exercer controle sobre o com portam ento hum ano.

No geral, os benefícios da optogenética superam em m uito suas desvantagens.

Ela pode literalm ente revelar os percursos neurais a serem usados no tratam ento de doenças m entais, e outras. Tam bém pode dar aos cientistas instrum entos para reparar lesões, e talvez curar doenças consideradas incuráveis. No futuro próxim o, os resultados serão todos positivos. E num futuro distante, quando todos os percursos do com portam ento hum ano forem entendidos, a optogenética poderá ser usada tam bém para controlar, ou pelo m enos m odificar, o

com portam ento hum ano.

O CONTROLE DA MENTE E O FUTURO

Resum indo, o uso de drogas e de hipnose pela CIA foi um fiasco. São técnicas m uito instáveis e im previsíveis para serem usadas pelo Exército. Podem ser utilizadas para induzir alucinações e dependência, m as não servem para apagar m em ória, tornar alguém m ais m anipulável, nem forçar ninguém a praticar atos contra sua vontade. Os governos vão continuar tentando, m as o resultado é duvidoso. Até o m om ento, as drogas são um instrum ento m uito agressivo de controle de com portam ento.

Há até um conto de advertência: Carl Sagan fala de um cenário assustador e m uito possível. Ele im agina um ditador colocando eletrodos nos centros de “dor”

e de “prazer” do cérebro de crianças. Os eletrodos são ligados a um com putador sem fio, de m odo que o ditador pode controlá-las ao apertar um botão.

Outro pesadelo envolve a instalação de sondas no cérebro capazes de anular nossos desej os e assum ir o controle m uscular, nos obrigando a atos que não querem os fazer. O trabalho de Delgado é incipiente, m as m ostra que raj adas de eletricidade aplicadas a áreas m otoras do cérebro podem anular nossos pensam entos conscientes, de m odo que os m úsculos fogem ao controle. Ele conseguiu identificar apenas

alguns com portam entos de anim ais que podiam ser controlados por m eio de sondas elétricas. No futuro, talvez sej a possível encontrar um a variedade m aior de com portam entos passíveis de serem

controlados eletronicam ente ao se apertar um botão.

Se você é a pessoa controlada, a experiência é bem desagradável. Enquanto

você pensa que é dono do seu corpo, seus m úsculos podem ser ativados sem a sua perm issão e você agirá contra vontade. O im pulso elétrico enviado para o cérebro pode ser m aior que seus im pulsos enviados voluntariam ente para os m úsculos, e você tem a im pressão de que alguém tom ou seu corpo. Seu próprio corpo se torna um obj eto estranho.

Em princípio, um pesadelo desse tipo pode ser possível no futuro. Por outro lado, há vários fatores capazes de im pedi-lo. Prim eiro, essa tecnologia ainda está engatinhando, e não se sabe com o será aplicada ao com portam ento hum ano, portanto, ainda há tem po de sobra para m onitorar seu desenvolvim ento, e talvez criar salvaguardas para evitar o m au uso. Segundo, um ditador pode resolver que a propaganda e a coerção, m étodos usuais de controle da população, são m ais baratos e eficazes do que instalar eletrodos no cérebro de m ilhões de crianças, o que seria m uito caro e invasivo. Terceiro, em sociedades dem ocráticas, surgiria um feroz debate público sobre as perspectivas e lim itações dessa tecnologia radical. Seriam aprovadas leis para evitar o abuso desse m étodo, sem prej uízo para o uso visando reduzir o sofrim ento hum ano. Em breve a ciência nos dará um saber inédito e detalhado sobre os percursos neurais no cérebro hum ano. É

preciso distinguir as tecnologias que podem beneficiar a sociedade das que podem controlá-la. E a condição para fazer passar essas leis é m anter um a sociedade bem inform ada.

Mas o verdadeiro im pacto dessa tecnologia, creio eu, será a libertação, e não a escravidão, da m ente. São tecnologias que dão esperança àqueles aprisionados por doenças m entais. Apesar de ainda não haver um a cura perm anente da doença m ental, essas novas tecnologias nos têm dado um conhecim ento m ais profundo da form ação e evolução desses distúrbios. Um dia, com binando genética, rem édios e alta tecnologia, encontrarem os um a form a de controlar, e até de curar, essas antigas doenças.

Um a recente tentativa de explorar o novo conhecimento do cérebro é estudar personalidades históricas. Talvez as descobertas da ciência moderna possam ajudar a explicar os estados mentais de figuras do passado.

E uma das mentais extraordinárias figuras analisadas hoje é Joana d'Arc.

Os amantes e os loucos têm a mente tão fervilhante...

O louco, o amante e o poeta

São com postos apenas de imaginação.

– WILLIAM SHAKESPEARE, *SONHO DE UMA NOITE DE VERÃO*

9 ESTADOS ALTERADOS DE CONSCIÊNCIA

Joana d'Arc era uma camponesa analfabeta que dizia ouvir vozes diretamente de Deus, e saiu da obscuridade para levar um exército desmoralizado a vitórias que mudaram o curso de nações, fazendo dela uma das figuras mentais fascinantes, envolventes e trágicas da história.

Durante o caos da Guerra dos Cem Anos, enquanto o Norte da França era

dizimado pelas tropas inglesas e a monarquia francesa fugia, um jovem de Orléans chegou dizendo ter recebido instruções divinas para levar o Exército francês à vitória. Não tendo mais nada a perder, Carlos VII autorizou-a a comandar as tropas. Para espanto geral, ela conseguiu uma série de triunfos sobre os ingleses. As notícias sobre a garota extraordinária se espalharam rapidamente. Sua fama crescia a cada vitória, até que ela se tornou uma heroína, assumindo o comando militar de toda a França. As tropas francesas, antes à beira do colapso total, conseguiram vitórias decisivas para a coroação do novo rei.

Entretanto, ela foi traída e capturada pelos ingleses. Cientes da ameaça que ela representava, pois era um forte símbolo da própria França e alegava receber orientações de Deus, os ingleses a levaram a um julgamento espetacular. Após um interrogatório com final previamente combinado, Joana foi julgada culpada e queimada na fogueira, aos 19 anos, em 1431.

Nos séculos que se seguiram, foram feitas centenas de tentativas de

entender essa extraordinária adolescente. Teria sido profeta, santa, ou louca? Mais recentemente, cientistas recorreram à psiquiatria moderna e à neurociência para explicar a vida de personalidades históricas com o Joana d'Arc.

Poucos questionam sua sinceridade quanto à inspiração divina. Mas muitos cientistas escreveram que ela devia sofrer de esquizofrenia, pois ouvia vozes.

Outros contestaram esse fato, pois os registros remanescentes de seu julgamento revelam um a pessoa de pensamento e fala racionais. Os ingleses elaboraram diversas armadilhas teológicas. Perguntaram, por exemplo, se ela estava na graça de Deus. Se ela respondesse sim, seria considerada herege, pois ninguém poderia saber ao certo se estava na graça de Deus. Se respondesse não, seria uma confissão de culpa, e, portanto, uma fraude. De qualquer maneira, ela estava perdida.

Numa resposta que deixou todos boquiabertos, ela disse: “Se eu não estiver, que Deus me coloque lá; se eu estiver, que Deus me guarde.” O notário escreveu no registro: “Os que a estavam interrogando ficaram estupefatos.”

De fato, as transcrições dos interrogatórios são tão impressionantes que George Bernard Shaw colocou traduções literais em sua peça *Santa Joana*.

Mais recentemente, surgiu outra teoria sobre essa mulher excepcional: talvez ela sofresse de epilepsia do lobo tem poral. As pessoas nessa condição às vezes têm convulsões, mas as outras são atingidas por um curioso efeito colateral, que

ajuda a esclarecer a estrutura das crenças humanas. São pacientes que sofrem de “hiper-religiosidade” e pensam realmente que há um espírito ou presença por trás de tudo. Eventos aleatórios nunca são aleatórios, e têm um profundo significado religioso. Alguns psicólogos especularam que muitos profetas da história sofriam dessa lesão epilética no lobo tem poral, pois tinham certeza de que falavam com Deus. O neurocientista David Eagleman diz: “Uma parte dos profetas, mártires e líderes da história parecem ter tido epilepsia no lobo tem poral. Vejamos Joana d'Arc, a menina de 16 anos que virou o jogo na Guerra dos Cem Anos porque acreditava (e convenceu os soldados franceses) que ouvia vozes de São Miguel Arcanjo, Santa Catarina de Alexandria, Santa Margarida e São Gabriel.”

Esse curioso efeito já havia sido observado em 1892, quando com pêndios sobre doença mental encionaram uma conexão entre “emocionalismo

religioso” e epilepsia. A primeira descrição clínica foi feita em 1975, pelo neurologista Norman Geschwind, do Boston Veterans Administration Hospital.

Ele observou que epiléticos com impulsos elétricos anormais nos lobos tem porais costumavam ter experiências religiosas, e especulou que a tempestade elétrica no cérebro poderia ser a causa dessas obsessões religiosas.

O dr. V. S. Ramachandran estima que entre 30% e 40% dos epiléticos do lobo tem poral de quem tratou sofrem de hiper-religiosidade. Ele observa: “Às vezes é um Deus próprio, às vezes é um sentimento mais difuso de ser unificado com o cosmos. Tudo parece estar repleto de significado. O paciente diz ‘Finalmente entendi tudo isso, doutor. Agora realmente entendo Deus. Entendo meu lugar no universo – o esquema cósmico’.”

Ele observa ainda que muitos desses indivíduos são extremamente

determinados e convincentes em suas crenças: “Às vezes me pergunto se esses pacientes de epilepsia no lobo tem poral têm acesso a outra dimensão da realidade, um desses buracos de minhoca para um universo paralelo. Mas evito dizer isso a meus colegas, para não duvidarem da minha sanidade.” Em experimentos com pacientes de epilepsia no lobo tem poral, ele confirmou que esses indivíduos tinham uma forte reação emocional à palavra “Deus”, mas não a palavras neutras. Isso significa que a conexão entre a hiper-religiosidade e essa epilepsia é real, e não fictícia.

O psicólogo Michael Persinger afirma que um certo tipo de estimulação elétrica transcraniana (chamada estimulação magnética transcraniana, ou EMT) pode induzir propositalmente o efeito dessas lesões epiléticas. Se assim for, será possível usar campos magnéticos para alterar crenças religiosas?

Nos estudos do dr. Persinger, uma cobaia coloca um capacete (apelidado de

“capacete de Deus”), com um dispositivo que envia magnetismo para

determinadas áreas do cérebro. Depois, quando o sujeito é entrevistado, costumava afirmar que esteve com algum grande espírito.

David Biello, em artigo na revista

Scientific American, diz: “Durante os três minutos de estimulação, as cobaias traduziram sua percepção do divino em sua própria linguagem cultural –

denominando-o Deus, Buda, uma presença benevolente, ou a maravilha do universo.” Já que esse efeito pode ser reproduzido, isso indica que talvez o cérebro seja estruturado de modo a responder a sentimentos religiosos.

Alguns cientistas foram mais longe, especulando a existência de um “gene de Deus”, que predispõe o cérebro à religiosidade. Dado que a maioria das sociedades criou algum tipo de religião, é plausível supor que nossa capacidade de responder a sentimentos religiosos seja programada em nosso genoma.

Alguns teóricos da evolução vêm tentando explicar esse fato, afirmando que a religião serviu para aumentar as chances de sobrevivência dos primeiros humanos. A religião deve ter ajudado a unir indivíduos hostis para formar uma tribo coesa, com uma mitologia em comum, o que aumentou as chances de união e sobrevivência da tribo.

Um experimento com o uso do “capacete de Deus” será capaz de abalar a

convicção religiosa de alguém? O aparelho de IRM pode registrar a atividade cerebral de alguém que teve uma experiência religiosa?

Para testar essas ideias, o dr. Mario Beauregard, da Universidade de Montreal, reuniu um grupo de 15 freiras carmelitas que concordaram em pôr a cabeça num aparelho de IRM. Para participar do experimento, todas precisavam “ter tido uma experiência de intensa comunhão com Deus”.

A princípio, o dr. Beauregard nutria a esperança de que as freiras tivessem tido uma experiência mística com Deus, que seria registrada pela IRM. Entretanto, enfiadas no aparelho de IRM, com toneladas de bobinas magnéticas e

equipamentos de alta tecnologia em volta, não estavam no lugar ideal para uma revelação divina. O melhor que puderam fazer foi evocar a lembrança de experiências anteriores. “Deus não pode ser convocado quando a gente quer”, disse uma freira.

O resultado final foi confuso e inconclusivo, mas as várias regiões do cérebro se acenderam durante o experimento:

O núcleo caudado, ligado à aprendizagem e possivelmente à paixão.

(Talvez as freiras estivessem sentindo o amor incondicional de Deus?)

A ínsula, que monitora as sensações corporais e emoções sociais.

(Talvez as freiras estivessem se sentindo muito próximas umas das outras na busca de Deus?)

O lobo parietal, que ajuda a processar a consciência espacial. (Talvez elas sentissem estar na presença física de Deus?)

O dr. Beauregard admitiu que tantas áreas cerebrais foram ativadas, com tantas interpretações possíveis, que ele não podia afirmar se a hiper-religiosidade podia ser induzida. Contudo, ficou claro para ele que o sentimento religioso das freiras se refletiu na varredura cerebral.

Mas o experimento abalou a fé das freiras em Deus? Não. Pelo contrário, elas entenderam que Deus colocou aquele “rádio” no cérebro para se comunicar com Ele.

A conclusão delas foi de que Deus criou os humanos para terem essa capacidade, e o cérebro tem uma antena divina dada por Deus para sentir sua presença. David Biello conclui que “Embora os ateus possam argumentar que encontrar a espiritualidade no cérebro signifique que a religião não passa de um delírio religioso, as freiras ficaram animadas com a varredura justificada pelo motivo oposto: aquilo seria uma confirmação da conexão de Deus com elas”. Beauregard concluiu: “Se um ateu vivencia um certo tipo de experiência, ele a relaciona à magnificência do universo. Se for um cristão, associa a Deus.

Quem sabe. Talvez seja apenas uma coisa.”

De uma forma, Richard Dawkins, biólogo da Universidade de Oxford e ateu ferrenho, certa vez foi colocado no capacete de Deus para ver se haveria mudança em sua crença.

Não houve.

Conclui-se que, em bora a hiper-religiosidade possa ser induzida pela epilepsia no lobo tem poral, não há evidências convincentes de que cam pos m agnéticos possam alterar as convicções religiosas de alguém .

DOENÇA MENTAL

Há outro estado alterado de consciência que traz grande sofrim ento, tanto para o próprio doente quanto para sua fam ília. É a doença m ental. As varreduras cerebrais e a alta tecnologia podem revelar a origem dessa aflição e talvez levar à cura? Se assim for, um a das m aiores fontes de sofrim ento hum ano poderá ser elim inada.

Por exem plo: ao longo da história, o tratam ento da esquizofrenia era brutal e agressivo. Sintom as típicos dos afetados por esse distúrbio m ental degenerativo, que aflige 1% da população, são ouvir vozes im aginárias, sofrer de delírios paranoides e pensam entos desorganizados. Ao longo da história, j á foram considerados “possuídos” pelo dem ônio e expulsos, m ortos ou trancafiados.

Rom ances góticos às vezes falam de um parente esquisito, dem ente, que m ora escondido num quarto escuro no porão. Até a Bíblia tem um a passagem em que Jesus encontrou dois seres dem oníacos. Os dem ônios pediram a Jesus que os

levasse a um a criação de porcos. Ele disse “Podem ir”. Quando os dem ônios entraram no chiqueiro, todos os porcos correram barranco abaixo e m orreram afogados no m ar.

Mesm o hoj e, ainda vem os pessoas com sintom as clássicos de esquizofrenia andando pela rua discutindo consigo m esm as. Em geral, os prim eiros sinais surgem no fim da adolescência (nos hom ens) ou aos vinte e poucos anos (nas m ulheres). Alguns esquizofrênicos tiveram um a vida norm al e podem inclusive ter realizado grandes feitos até que as vozes se instalassem definitivam ente. O

caso m ais fam oso é do ganhador do Prêm io Nobel de Econom ia de 1994, John Nash, representado por Russell Crowe no film e *Uma mente brilhante*. Na década de 1920, Nash desenvolveu trabalhos pioneiros em econom ia, teoria dos j ogos e m atem ática pura na Universidade de Princeton. Um orientador dele escreveu um a carta de recom endação com um a única linha: “Este hom em é um gênio.”

Ele foi capaz de produzir com altíssimo o nível intelectual mesmo enquanto era perseguido por delírios. Foi internado aos 31 anos de idade, quando teve um surto maior, e passou muitos anos em instituições, ou viajando pelo mundo, tendo que agentes comunistas o acompanhassem.

Até hoje não há um método exato, universalmente aceito, de diagnosticar a doença mental. Há esperanças, porém, de que algum dia os cientistas usem varredura cerebral e outras invenções da alta tecnologia para criar instrumentos de diagnóstico confiáveis. Os progressos no tratamento da doença mental têm sido extremamente lentos. Após séculos de sofrimento, vítimas da

esquizofrenia tiveram um primeiro sinal de alívio nos anos 1950, quando foram descobertas acidentalmente drogas antipsicóticas, como a clorpromazina, capazes de controlar ou, às vezes, até eliminar as vozes que atormentam os doentes mentais.

Acredita-se que essas drogas agem regulando o nível de certos

neurotransmissores, como a dopamina. Especificamente, a teoria é de que essas drogas bloqueiam o funcionamento de receptores D2 de certas células nervosas, reduzindo assim o nível de dopamina. A teoria de que as alucinações são em parte causadas pelo excesso de dopamina no sistema límbico e no córtex pré-

frontal explica também por que as pessoas que tomam anfetaminas têm alucinações.

A ação da dopamina, por ser essencial às sinapses, tem sido associada também a outros distúrbios. Uma teoria sustenta que a doença de Parkinson é agravada pela falta de dopamina nas sinapses, e a síndrome de Tourette pode ser desencadeada por uma superabundância dela. (As pessoas com síndrome de Tourette têm tiques e movimentos faciais inusitados e uma pequena minoria dispara incontrolavelmente palavras obscenas e comentários profanos,

pejorativos.)

Mais recentemente, os cientistas apontaram com o outro possível culpado o

nível anormal de glutamato no cérebro. Uma razão para acreditar nisso é que a PCP (a droga chamada pó de anjo) é conhecida por criar alucinações

sem elhantes às dos esquizofrênicos porque bloqueia o receptor de glutamato chamado NMDA. Uma substância muito promissora no tratamento da

esquizofrenia é a clozapina, um remédio relativamente novo que simula a produção de glutamato.

Contudo, as drogas antipsicóticas não são necessariamente a salvação. Em cerca de 20% dos casos, elas inibem os sintomas. Cerca de dois terços dos pacientes encontram algum alívio dos sintomas, mas os demais não são afetados.

(Segundo uma teoria, os antipsicóticos imitam uma substância química natural ausente no cérebro dos esquizofrênicos, mas não são uma cópia exata. Assim, é preciso experimentar no paciente vários antipsicóticos, praticando por tentativa e erro. Além disso, com o tempo produzem efeitos colaterais desagradáveis, e muitos esquizofrênicos interrompem a medicação e têm reincidência.) Recentemente, varreduras cerebrais de esquizofrênicos realizadas enquanto ouviam vozes ajudaram a explicar esse velho distúrbio. Por exemplo: quando falam sozinhos em silêncio, certas partes do cérebro se iluminam na IRM, especialmente no lobo tempestoso (como na área de Wernicke). Quando um esquizofrênico ouve vozes, as mesmas áreas do cérebro se iluminam. O cérebro tem muito trabalho para construir uma narrativa coerente, por isso os esquizofrênicos tentam dar sentido a essas vozes não autorizadas, acreditando que elas se originam de fontes estranhas, como os marcianos inserindo segretamente pensamentos em seu cérebro. O dr. Michael Sweeney, da Universidade do Estado de Ohio, escreve que: “Os neurônios conectados à sensação de som disparam sozinhos, como um pano encharcado de gasolina se incendia espontaneamente no calor intenso de uma garagem fechada. Sem nada à vista e sem som no ambiente, o cérebro do esquizofrênico cria uma forte ilusão de realidade.”

Geralmente essas vozes parecem vir de outras pessoas, e costumam dar ao paciente ordens banais, mas, às vezes, muito violentas. Enquanto isso, os centros de simulação no córtex pré-frontal parecem um piloto automático e, de certa forma, é como se a consciência do esquizofrênico estivesse fazendo o mesmo tipo de simulações que todos nós fazemos, porém, sem a permissão dele. A pessoa fala literalmente consigo mesma sem saber que é ela quem está falando.

ALUCINAÇÕES

A mente está sempre criando alucinações, mas, na maioria das vezes, são facilmente controladas. Vêm os imaginários que não existem, ou por exemplo, escutam os falsos sons. Portanto, o córtex cingulado é de importância vital para

diferenciar o real do inventado. Essa parte do cérebro nos ajuda a fazer a distinção entre os estímulos externos e os gerados pela própria mente.

Nos esquizofrênicos, porém, o sistema parece estar lesado e eles não

conseguem distinguir as vozes reais das imaginárias. (O córtex cingulado anterior é vital devido à sua localização estratégica, entre o córtex pré-frontal e o sistema límbico. A conexão entre essas duas áreas é uma das mais importantes, porque uma área governa o pensamento racional, e a outra, as emoções.)

Até certo ponto, as alucinações podem ser criadas de propósito. Alucinações ocorrem naturalmente quando o paciente é colocado num quarto totalmente escuro, numa câmara de isolamento, ou num ambiente assustador com ruídos estranhos. Esses são exemplos de que “nossos olhos nos enganam”. Na verdade, o cérebro é que nos engana, criando imagens falsas, tentando dar sentido ao mundo, e apontando para elas. Esse efeito é chamado de “pareidolia”. Quando vemos as nuvens no céu, vemos os imaginários de animais, pessoas, personagens de desenhos animados. Isso não depende de nós. Está configurado no cérebro.

Em certo sentido, todas as imagens que vemos, reais e virtuais, são

alucinações, porque o cérebro está sempre criando imagens falsas para “fazer sentido”. Com os vivos, até as imagens reais são parcialmente falsificadas. Mas, nos doentes mentais, talvez certas regiões do cérebro, com o córtex cingulado anterior, tenham lesões e, por isso, o cérebro confunde realidade e fantasia.

A MENTE OBSESSIVA

Já existem drogas também para curar outro distúrbio mental, o TOC (transtorno obsessivo-compulsivo). Com o tempo, a consciência humana implica a mediação de vários mecanismos de feedback. Às vezes, porém, esses mecanismos ficam travados na posição “ligado”.

Um entre cada 40 norte-americanos sofre de TOC. Em casos brandos, o

sintoma são compulsões como, por exemplo, voltar várias vezes ao sair de casa para confirmar que trancou a porta. O detetive Adrian Monk, no seriado de TV

Monk, é um caso brando de TOC. Mas esse distúrbio pode ser tão grave a ponto de alguém, por exemplo, se coçar ou se lavar compulsivamente até sangrar a pele. Alguns pacientes de TOC repetem um comportamento obsessivo durante horas, tornando difícil manter um emprego ou constituir uma família.

Normalmente, alguns tipos de comportamento compulsivo, se moderados, são benignos para nós, pois nos mantêm limpos, saudáveis e em segurança. E foi por essa razão que desenvolvemos esses comportamentos. Mas o paciente com TOC

grave não consegue interromper o comportamento, que fica tão exagerado que foge ao controle.

Hoje em dia, varreduras cerebrais revelam com o que acontece, mostrando pelo menos três áreas do cérebro que normalmente nos mantêm saudáveis, mas ficam presas num ciclo de feedback. Primeiro, o córtex orbitofrontal, que temos no capítulo 1, pode agir como um verificador de fatos, conferindo se trancamos a porta ou lavamos as mãos. Ele nos diz: “Ihh, alguma coisa está errada.” Segundo, o núcleo caudado, situado no gânglio basal, governa as atividades aprendidas que se tornam automáticas, e diz ao corpo: “Faça isso, faça aquilo.” Por fim, o córtex cingulado, que registra as emoções conscientes, inclusive o desconforto, diz:

“Ainda me sinto péssimo.”

O professor de psiquiatria Jeffrey Schwartz, da Universidade da Califórnia, em Los Angeles, tentou reunir todas essas informações para explicar como o TOC

foge ao controle. Imagine que você sinta uma urgência de lavar as mãos. O

córtex orbitofrontal reconhece que alguma coisa não está bem, que suas mãos estão sujas. O núcleo caudado entra em ação e faz você lavar as mãos automaticamente. Então o córtex cingulado registra a satisfação de que suas mãos estão limpas.

Na pessoa com TOC, esse circuito fica alterado. Mesmo depois de constatar que as mãos estão sujas e lavá-las, o indivíduo continua com o sentimento desconfortável de que algo não está bem, que as mãos ainda estão sujas, e fica preso num ciclo de feedback ininterrupto.

Nos anos 1960, percebeu-se que o cloridrato de clomipramina aliviava os sintomas dos pacientes de TOC. Essas e outras drogas desenvolvidas desde então elevam o nível do neurotransmissor serotonina, e em experimentos clínicos mostraram-se capazes de reduzir os sintomas de TOC em até 60%. O dr.

Schwartz diz que “o cérebro vai continuar fazendo o que faz, mas você não precisa deixar o cérebro te fazer de bobo”. Certamente, essas drogas não curam, mas trazem alívio aos pacientes de TOC.

TRANSTORNO BIPOLAR

Outra forma com uma doença mental é o transtorno bipolar, em que o paciente tem fases de um otimismo extremo e ilusório, seguidas por períodos de depressão profunda. O transtorno bipolar parece ocorrer em vários membros de uma mesma família e, curiosamente, é muito frequente em artistas. Talvez as grandes obras de arte sejam criadas em surtos de criatividade e otimismo. Há uma lista enorme de famosos com transtorno bipolar, entre celebridades de Hollywood, músicos, artistas plásticos e escritores. A substância lítica pode controlar muitos dos sintomas, mas as causas ainda não são claras.

Uma teoria sustenta que o transtorno bipolar pode ser causado pelo desequilíbrio entre os hemisférios esquerdo e direito. O dr. Michael Sweeney observou: “As varreduras cerebrais levaram pesquisadores a associar emoções negativas, como a tristeza, ao hemisfério direito, e as positivas, como a alegria, ao esquerdo. Durante pelo menos um século, os neurocientistas observaram uma conexão entre lesões no hemisfério esquerdo e transtornos de humor, inclusive depressão e choro incontrolável. Lesões no hemisfério direito, porém, foram associadas a uma amplitude de emoções positivas.”

Assim, o hemisfério esquerdo, que é analítico e controla a linguagem, tende a entrar em mania se ficar isolado. O hemisfério direito, pelo contrário, é holístico e tende a frear a mania. V. S. Ramachandran escreveu: “Se ficar sem vigilância, o hemisfério esquerdo provavelmente causará um estado de delírios ou mania...”

Portanto, parece razoável que haja um ‘advogado do diabo’ no hemisfério direito, que permite a ‘você’ adotar uma visão distanciada, objetiva (alocêntrica), de si mesmo.

Se a consciência humana implica simulações do futuro, deve comutar os resultados de eventos futuros levando em conta certas probabilidades. É preciso, portanto, haver um delicado equilíbrio entre otimismo e pessimismo para estimar as chances de sucesso ou fracasso de determinadas ações.

Mas, em certo sentido, a depressão é o preço a pagar pela capacidade de simular o futuro. Nossa consciência é capaz de imaginar todo tipo de resultados horríveis no futuro e, portanto, está ciente de tudo de ruim que pode acontecer, mesmo o que sem uma base realista.

É difícil com provar muitas dessas teorias, pois as varreduras cerebrais de pessoas clinicamente deprimidas indicam que muitas áreas são afetadas. É difícil apontar a fonte do problema, mas, nos clinicamente deprimidos, a atividade nos lobos parietal e temporal parece estar suprimida, indicando que o paciente foi retirado do mundo externo e está vivendo em seu próprio mundo interno. O

córtex ventromedial, em particular, parece ter um papel importante. Essa área, aparentemente, cria uma percepção de que há significado e sentido de totalidade no mundo, e que tudo tem um propósito. A hiperatividade nessa área pode provocar o estado de mania, criando um sentimento de onipotência. A

subatividade nessa área é associada à depressão e a um sentimento de que a vida não vale a pena. Assim, é possível que um defeito nessa área seja responsável por oscilações do humor.

UMA TEORIA DA CONSCIÊNCIA E DA DOENÇA MENTAL

A teoria do espaço-tempo da consciência se aplica à doença mental? Com o quê? Essa teoria pode nos dar uma noção mais aprofundada desse distúrbio? Com o quê?

modelamos, definimos a consciência humana com o processo de criação de um modelo do mundo no espaço e no tempo (principalmente no futuro) por meio da avaliação de muitos ciclos de feedback em vários parâmetros, a fim de atingir um objetivo.

Propusemos que a função principal da consciência humana é simular o futuro, mas essa tarefa não é fácil. O cérebro consegue realizá-la fazendo com que os ciclos de feedback verifiquem e equilibrem uns aos outros. Por exemplo: numa reunião, um diretor competente tenta trazer à tona as discordâncias entre os membros da equipe e definir os pontos de vista divergentes, com o objetivo de reunir os diversos argumentos e então tomar a decisão final. Da mesma forma, várias regiões do cérebro fazem estimativas divergentes quanto ao futuro, que são levadas ao córtex pré-frontal dorsolateral, o diretor-geral do cérebro. Essas avaliações discordantes são analisadas e pesadas até ser tomada uma decisão equilibrada.

Podemos agora aplicar a teoria do espaço-tempo da consciência para

encontrarmos uma definição para a manifestação das formas de doença mental: **A doença mental é em grande parte causada pela ruptura do sistema**

delicado de controle e equilíbrio entre ciclos de feedback rivais que simulam o futuro (geralmente porque uma região do cérebro é marcada

pela hiperatividade, e a outra pela subatividade).

Com o o diretor-geral do cérebro (o córtex pré-frontal dorsolateral) já não consegue mais avaliar os fatos de forma equilibrada devido à ruptura dos ciclos de feedback, ele começa a tirar conclusões estranhas e a agir de maneira esquisita. Essa teoria tem a vantagem de ser testável. É preciso fazer varreduras cerebrais por IRM de um doente mental durante seu comprometimento

disfuncional, avaliando o desempenho dos ciclos de feedback, e comparando-os com varreduras por IRM de pessoas normais. Se a teoria estiver correta, o comprometimento disfuncional (por exemplo, ouvir vozes ou ficar obsessivo) poderá ser rastreado até um mau funcionamento do sistema de controle e equilíbrio entre ciclos de feedback. A teoria poderá ser refutada se o

comprometimento disfuncional for totalmente independente da interação entre essas regiões cerebrais.

Dada essa nova teoria da doença mental, podemos agora aplicá-la a várias formas de distúrbios mentais, resumindo a discussão anterior sob essa nova luz.

Já vimos que o comprometimento obsessivo de pessoas que sofrem de TOC pode surgir quando há descompasso no sistema de controle e equilíbrio entre vários ciclos de feedback, um registrando algo com o próprio, outro executando uma ação corretiva, e outro sinalizando que o assunto está sendo resolvido. O fracasso do sistema de controle e equilíbrio nesse circuito pode trancar o cérebro num

círculo vicioso, de modo que a mente não consegue acreditar que o problema foi resolvido.

As vozes ouvidas pelos esquizofrênicos podem surgir quando vários ciclos de feedback já não se contrabalançam mais. Um ciclo de feedback gera vozes falsas no córtex temporal (isto é, o cérebro fala consigo mesmo). Alucinações visuais e auditivas são frequentemente verificadas pelo córtex cingulado anterior, de modo que uma pessoa normal pode distinguir entre vozes reais e fictícias. Se essa região não estiver funcionando adequadamente, o cérebro é inundado por vozes incorpóreas que acredita serem reais. Isso pode causar o comprometimento esquizofrênico. Da mesma forma, as oscilações m

depressivas dos bipolares podem remontar a um desequilíbrio entre os hemisférios esquerdo e direito. A interação necessária entre avaliações otimistas e pessimistas se desequilibra e há uma oscilação brusca entre os dois modos de humor.

A paranoia também pode ser entendida de acordo com essa mesma ideia.

Resulta do desequilíbrio entre a amígdala (que registra o medo e exagera as emoções) e o córtex pré-frontal, que avalia as emoções em suas devidas proporções.

É preciso também enfatizar que a evolução nos deu esses ciclos de feedback por uma razão: para nos proteger. Eles nos mantêm limpos, saudáveis e conectados socialmente. O problema ocorre quando a dinâmica entre os circuitos é rompidas.

Essa teoria pode ser resumida, de forma geral, assim :

DOENÇA MENTAL: Paranoia

CICLO DE FEEDBACK I: Percebendo uma emoção

CICLO DE FEEDBACK II: Ignorando as emoções

REGIÃO CEREBRAL AFETADA: Amígdala/lobo pré-frontal

DOENÇA MENTAL: Esquizofrenia

CICLO DE FEEDBACK I: Criando vozes

CICLO DE FEEDBACK II: Ignorando vozes

REGIÃO CEREBRAL AFETADA: Lobo temporal esquerdo/córtex cingulado anterior

DOENÇA MENTAL: Transtorno bipolar

CICLO DE FEEDBACK I: Otimismo

CICLO DE FEEDBACK II: Pessimismo

REGIÃO CEREBRAL AFETADA: Hemisfério esquerdo/direito

DOENÇA MENTAL: TOC

CICLO DE FEEDBACK I: Ansiedade

CICLO DE FEEDBACK II: Satisfação

REG IÃO CEREBRAL AFETADA: Córtex orbitofrontal/núcleo caudado/córtex cingulado

Segundo a teoria do espaçotempo da consciência, muitas formas da doença mental são caracterizadas pela ruptura do sistema de controle e equilíbrio de ciclos de feedback opostos em regiões do cérebro que simulam o futuro. As varreduras cerebrais vêm identificando gradualmente essas regiões. Um entendimento mais completo da doença mental irá revelar, sem dúvida, o envolvimento de muitas outras regiões cerebrais. Este é apenas um esboço preliminar.

ESTIMULAÇÃO CEREBRAL PROFUNDA

Embora a teoria do espaçotempo da consciência possa nos dar uma noção da origem da doença mental, não nos diz como criar novas terapias e remédios.

Como a ciência irá lidar com a doença mental no futuro? É difícil prever, pois sabemos hoje que a doença mental não se resume a uma categoria, mas é toda uma gama de doenças que afligem muitas de diversas formas. Além disso, a ciência por trás da doença mental ainda está dando os primeiros passos, com áreas imensas totalmente inexploradas e inexplicadas.

Hoje está sendo testado um novo método para tratar a infindável agonia daqueles que sofrem de uma das mais comuns, e mais persistentes formas de doença mental, a depressão, que aflige 20 milhões de pessoas apenas nos Estados Unidos. Dez por cento delas sofrem de uma forma incurável de depressão, que até agora resistiu a todos os avanços da medicina. Uma forma direta de tratá-la é usar sondas em certas regiões profundas do cérebro.

Uma pista importante para desvendar essa doença foi descoberta pela Dra.

Helen Mayberg e colegas, numa pesquisa realizada na Washington University Medical School. Por meio de varreduras, eles identificaram uma parte do cérebro chamada área de Brodmann 25 (também conhecida como o região

cingulada subgenual) no córtex, que é consideravelmente hiperativa em

indivíduos deprimidos para os quais outras formas de tratamento

não tiveram sucesso.

Os cientistas usaram estimulação cerebral profunda (ECP) nessa área, inserindo uma pequena sonda e aplicando um choque elétrico, muito parecido

com um marcapasso. O sucesso da ECP é impressionante no tratamento de vários distúrbios. Na última década, a ECP foi usada em 40 mil pacientes de doenças motoras, com o Parkinson e epilepsia, que provocam movimentos corporais incontrolláveis. Entre 60% e 100% dos pacientes relatam melhora significativa no controle do tremor das mãos. Mais de 250 hospitais, somente nos Estados Unidos, fazem tratamentos com ECP.

Depois a dra. Mayberg teve a ideia de aplicar a ECP diretamente na área de Brodmann 25 para tratar a depressão. Sua equipe atendeu 12 pacientes

clínicos deprimidos que não tinham apresentado melhora após extensivo uso de medicamentos, psicoterapia e eletrochoques.

Oito desses 12 pacientes apresentaram progresso imediato. O sucesso foi tão surpreendente que outros laboratórios se esforçaram para expandir os resultados, aplicando a ECP a outros transtornos mentais. No momento, está sendo aplicada em 35 pacientes na Emory University e em 30 pacientes de outras instituições.

Mayberg diz: “A Depressão 1.0 podia ser tratada com psicoterapia – as pessoas discutiam de quem era a culpa. A Depressão 2.0 era tida como um desequilíbrio químico. Esta é a Depressão 3.0. O que agora se acredita é que ao dissecar um distúrbio complexo de comportamentos pensando a seus sistemas constituintes, temos uma nova forma de pensar sobre o assunto.”

Embora o sucesso da ECP no tratamento de indivíduos deprimidos seja notável, ainda exige muita pesquisa. Primeiro, não está claro por que a ECP

funciona. Supõe-se que destrói ou debilita áreas hiperativas do cérebro (como no Parkinson e a área de Brodmann 25) e, conseqüentemente, é eficaz apenas contra doenças causadas por essa hiperatividade. Segundo, é necessário

aprimorar a precisão desse procedimento. Apesar de ter sido usado para tratar vários males do cérebro, como a dor do membro

fantasma (quando a pessoa sente dor num membro que foi amputado), a síndrome de Tourette e o transtorno obsessivo-compulsivo, o eletrodo inserido no cérebro não tem precisão, e afeta talvez milhões de neurônios em vez dos poucos que são a fonte do problema.

O tempo irá aperfeiçoar a eficiência dessa terapia. Usando tecnologia

microeletromecânica (MEM), é possível criar eletrodos microscópicos capazes de estimular apenas alguns neurônios de cada vez. A nanotecnologia também poderá viabilizar nanossondas neurais da espessura de uma molécula, com os nanotubos de carbono. E à medida que a sensibilidade da IRM aumentar, facilitará a colocação desses eletrodos em áreas mais específicas.

DESPERTANDO DE UM COMA

A estimulação cerebral profunda tem se ramificado em diversos campos de

pesquisa, gerando inclusive um efeito colateral benéfico: o aumento do número de células da memória no hipocampo. E é aplicada também para despertar indivíduos em coma.

O coma representa uma das formas talvez mais controversas de consciência, e geralmente resulta em meses de inatividade de alcance nacional. O caso de Terri Schiavo, por exemplo, fascinou o público. Em 1990, devido a um infarto, ela teve falta de oxigênio que provocou uma grave lesão cerebral. Em consequência, Terri entrou em coma. Seu marido, com aprovação dos médicos, quis preservar sua dignidade de morrer em paz. Mas a família dela achou crueldade desligar os aparelhos de uma pessoa que ainda tinha alguma reação a estímulos, e que um dia poderia despertar miraculosamente. Argumentaram que já ocorreram casos sensacionais de pacientes que recuperaram a consciência após anos de vida vegetativa.

Para resolver a questão, usaram varreduras cerebrais. Em 2003, a maioria dos neurologistas que examinaram a tomografia axial computadorizada (TAC) concluiu que a lesão cerebral de Terri era tão extensa que ela jamais poderia despertar, e só lhe restava ficar num estado vegetativo permanente (EVP). Após sua morte, em 2005, a autópsia confirmou que ela não tivera chance de despertar.

No entanto, em outros casos de pacientes em coma a varredura cerebral mostra que a lesão não é tão grave, e há uma pequena chance de recuperação.

No verão de 2007, em Cleveland, após uma estimulação cerebral profunda, um homem acordou e imediatamente se levantou. Ele tinha sofrido uma extensa lesão cerebral oito anos antes e entrado em coma profundo, conhecido com o estado de consciência mínima.

O dr. Ali Rezai liderou a equipe de cirurgias que realizou a operação. Eles inseriram um par de fios no cérebro do paciente até atingir o tálamo, que, com o vómito, é o portal onde a informação sensorial é processada inicialmente. Foi enviada uma corrente de baixa voltagem para estimular a área, o que despertou o homem do coma profundo. (Em geral, ao atingir o cérebro, a eletricidade provoca um desligamento da parte atingida, mas, em certas circunstâncias, pode

agir com o um choque que põe os neurônios em ação.)

Os avanços da tecnologia de ECP devem aumentar o número de casos bem -

sucedidos em diversas áreas. Hoje o eletrodo de ECP tem cerca de 1,5 m diâmetro de diâmetro, mas toca até um milhão de neurônios quando inserido no cérebro, o que pode causar sangramento e dano nos vasos sanguíneos. De 1% a 3% dos pacientes tratados com ECP, de fato, têm sangramentos que podem evoluir para um derrame. A carga elétrica transmitida pelas sondas de ECP ainda é muito bruta, pulsando a uma taxa constante. Algum dia os cirurgiões serão capazes de ajustar a carga elétrica conduzida pelos eletrodos de modo que as sondas poderão se adequar melhor a cada pessoa e doença. A próxima geração de sondas de

ECP está destinada a ser mais precisa e mais segura.

A GENÉTICA DA DOENÇA MENTAL

Outra tentativa de entender e tratar a doença mental é rastrear suas raízes genéticas. Já foram feitas muitas tentativas nessa área, com resultados confusos e decepcionantes. Há evidências consideráveis de que a esquizofrenia e o

transtorno bipolar ocorrem em famílias, mas as tentativas de encontrar os genes comuns a todos os indivíduos não foram conclusivas. Ocasionalmente, cientistas estudaram a árvore genealógica de indivíduos que sofrem de doença mental, e encontraram um gene prevalente. Mas as tentativas de generalizar os resultados foram infrutíferas. Os cientistas só puderam concluir que são necessários fatores ambientais e uma combinação de vários genes para desencadear a doença mental. Entretanto, é geralmente aceito que cada distúrbio tem sua própria base genética.

Em 2012, porém, um dos estudos mais abrangentes já realizados mostrou que de fato pode haver um fator genético comum às doenças mentais. Cientistas da Harvard Medical School e do Massachusetts General Hospital analisaram 60 mil pessoas em todo o mundo e viram que havia uma conexão genética entre cinco das principais doenças mentais: esquizofrenia, transtorno bipolar, autismo, depressão grave e déficit de atenção e hiperatividade (DDAH). Juntas,

representam uma fração significativa de todos os pacientes de doença mental.

Após uma análise minuciosa do DNA dos pacientes pesquisados, os cientistas concluíram que quatro genes aumentavam o risco de doença mental. Dois deles envolviam a regulação de canais de cálcio nos neurônios (o cálcio é uma substância química essencial no processamento dos sinais neurais). O dr. Jordan Smoller, da Harvard Medical School, diz que “as descobertas sobre os canais de cálcio sugerem que talvez — ênfase no ‘talvez’ — os tratamentos que afetam o funcionamento da canalização de tal elemento podem ter efeitos sobre uma série de distúrbios”. Bloqueadores de canais de cálcio já estão sendo usados para tratar pessoas com transtorno bipolar. No futuro, esses bloqueadores poderão ser usados também no tratamento de outras doenças mentais.

Esse resultado pode ajudar a explicar o curioso fato de que, quando a doença mental tem ocorrências numa família, seus membros podem manifestar diferentes tipos de transtornos. Por exemplo: se um gêmeo tem esquizofrenia, o outro pode ter uma doença totalmente diferente, com o transtorno bipolar.

A questão é que, em boa cada doença mental tenha elementos

desencadeadores e genes próprios, pode haver um traço comum. Isolar os fatores comuns a essas doenças pode nos ajudar a encontrar os medicamentos

mais eficazes contra elas.

“O que identificamos aqui é provavelmente a ponta do iceberg”, diz o dr.

Smoller. “À medida que os estudos se ampliam, esperamos encontrar outros genes, que podem estar sobrepostos.” Se forem encontrados mais genes nessas cinco doenças, poderemos ter acesso a uma abordagem inteiramente nova da doença mental.

Se forem encontrados mais genes comuns, talvez a genoterapia possa restaurar os danos causados pelos genes problemáticos. Ou abrir a possibilidade de criar novas drogas para tratar a doença em nível neural.

CAMINHOS POSSÍVEIS

Atualmente, portanto, não existe cura para os pacientes de doença mental.

Historicamente, os médicos são impotentes para tratá-los, mas a

medicina moderna nos deu várias possibilidades e terapias para enfrentar esse velho problema. Algumas delas são:

1. Encontrar novos neurotransmissores e drogas para regular os sinais dos neurônios.
2. Localizar genes ligados a várias doenças mentais, e talvez usar geneterapia.
3. Usar estimulação cerebral profunda para amortecer ou aumentar a atividade neural em certas áreas.
4. Usar EEG, IRM, MEG e EMT para entender exatamente o que funciona dentro do cérebro.
5. No capítulo sobre a engenharia reversa do cérebro, vamos explorar mais um caminho promissor, mapeando todo o cérebro e seus percursos neurais. Isso poderá finalmente desvendar o mistério da doença mental.

Mas, para entender a ampla variedade de doenças mentais, alguns cientistas acreditam que elas podem ser reunidas em dois grupos principais, e cada um deles requer uma abordagem diferente:

1. Transtornos mentais envolvendo lesão cerebral.
2. Transtornos mentais desencadeados por conexões incorretas no cérebro.

O primeiro tipo inclui Parkinson, epilepsia, Alzheimer e uma longa série de transtornos causados por derrames e tumores, em que o tecido cerebral está danificado ou defeituoso. No caso do mal de Parkinson e da epilepsia há neurônios hiperativos numa determinada área. No mal de Alzheimer, um acúmulo de placas amiloides destrói tecidos cerebrais, inclusive no hipocampo.

Em derrames e tumores, certas partes do cérebro são silenciadas, causando diversos problemas com portam-entais. Cada um desses distúrbios deve ser tratado de maneira diferente, pois cada um deriva de uma lesão distinta. Para o mal de Parkinson e a epilepsia, é indicado o uso de sondas para silenciar as áreas hiperativas, ao passo que os danos provocados por mal de Alzheimer, derrames e tumores são geralmente incuráveis.

No futuro, teremos avanços em outros métodos, além da estimulação profunda e dos campos magnéticos, para tratar essas partes danificadas do cérebro. Um dia, células-tronco poderão substituir tecidos cerebrais danificados. Ou talvez, com computadores possam criar partes de reposição artificiais para compensar as áreas danificadas. Nesse caso, o tecido danificado é removido ou substituído orgânico ou eletronicamente.

A segunda categoria engloba distúrbios causados por problemas nas conexões do cérebro. Doenças como o esquizofrenia, TOC, depressão e transtorno bipolar pertencem a essa categoria. Cada região do cérebro pode estar relativamente saudável e intacta, mas uma ou mais delas podem estar mal conectadas, fazendo com que as mensagens sejam processadas incorretamente. É difícil tratar essa categoria, dado que as conexões cerebrais não são bem compreendidas. Até o momento, o principal meio de lidar com esses transtornos é o uso de medicamentos que influenciam os neurotransmissores, mas essa abordagem ainda se baseia muito em tentativa e erro.

Existe ainda outro estado alterado de consciência que tem nos ajudado a compreender a mente em ação, abrindo novas perspectivas sobre o

funcionamento do cérebro e sobre o que pode acontecer quando há um distúrbio.

É o campo da IA, a Inteligência Artificial. Apesar de ainda estar engatinhando, já proporcionou uma visão mais profunda do processo de pensamento e ampliou nosso conhecimento da consciência humana. Isso leva às seguintes questões: É

possível criar uma consciência de silício? Se sim, com o poder de diferir da consciência humana? E tentará nos controlar?

Não. Não estou interessado em desenvolver um cérebro potente. Só estou querendo um cérebro medíocre, algo como o do presidente da American Telephone and Telegraph Company.

– ALAN TURING

10 A MENTE ARTIFICIAL E A CONSCIÊNCIA DE SILÍCIO

Em fevereiro de 2011, um acontecimento entrou para a história.

Um computador da IBM chamado Watson fez o que muitos críticos

consideravam impossível: venceu dois competidores num programa de perguntas e respostas na TV, chamado *Jeopardy!*. Milhões de telespectadores ficaram grudados na tela enquanto Watson eliminava metodicamente os outros candidatos em cadeia nacional, respondendo a perguntas que deixaram seus rivais

em basbacados, e fez jus ao prêmio de um milhão de dólares.

A IBM superou todas as limitações, fabricando um máquina com potência monumental. Watson é capaz de processar dados com a espantosa velocidade de 500 gigabytes por segundo (o equivalente a um milhão de livros por segundo), com 16 trilhões de bytes de memória RAM. Conseguiu acessar 200 milhões de páginas de material em sua memória, inclusive todo o conhecimento

armazenado na Wikipédia, e foi capaz de analisar essa montanha de informações num programa de TV ao vivo.

Watson é a última geração de “sistemas especializados”, programas de computador que usam a lógica formal para acessar grandes quantidades de informação especializada (uma máquina que atende ao telefone e lhe dá um menu de opções é um sistema especializado muito primitivo). Os sistemas especializados vão continuar a evoluir, tornando nossa vida mais conveniente e eficiente.

Por exemplo: atualmente, engenheiros estão trabalhando na criação de um

“robo-doc” [robô-médico], que vai aparecer em nosso relógio de pulso ou numa tela para nos dar orientação médica com 99% de exatidão, quase de graça.

Falam os sintomas, e ele acessa os bancos de dados dos melhores centros médicos do mundo inteiro, buscando as últimas informações científicas. Isso vai reduzir as idas desnecessárias ao consultório, eliminar os falsos alarmes, e facilitar as consultas médicas periódicas.

Um dia poderem os ter robôs-advogados, que saibam responder a todas as questões legais corriqueiras, e robôs-secretários para planejar férias, fazer reservas de viagens e restaurantes. É claro que, para serviços mais

especializados, que exigem orientação profissional, ainda precisaremos os de um médico de verdade, um advogado de verdade etc., mas para aconselhamento de questões banais do cotidiano, esses programas serão muito convenientes.

Além disso, os cientistas criaram “chat-bots” [conversas com robôs] que imitam conversas com humanos. Qualquer pessoa conhece, em média, dezenas de milhares de palavras. Para ler um jornal, é preciso conhecer duas mil palavras ou mais; no entanto, uma conversa casual geralmente exige poucas centenas. Há robôs que podem ser programados para conversar dentro desse vocabulário reduzido (desde que a conversa se limite a certos temas bem definidos).

FUROR NA MÍDIA – OS ROBÔS ESTÃO CHEGANDO

Logo após Watson ter vencido a competição, alguns formadores de opinião ficaram agitados, já lamentando o dia em que as máquinas irão assumir o controle. Ken Jennings, um dos competidores derrotados por Watson, disse à imprensa: “De minha parte, dou boas-vindas a nossos senhores computadores.”

Os jornalistas perguntaram: Se Watson era capaz de vencer participantes veteranos desses programas de TV numa competição entre humanos e máquina, que chance teremos nós, humanos, de enfrentar as máquinas? Em tom de brincadeira, Jennings respondeu: “Brad (o outro competidor) e eu fomos os primeiros operários da indústria do conhecimento derrotados pela nova geração de máquinas ‘pensantes’.”

Os jornalistas, porém, esqueceram-se de dizer que não era possível entrevistar Watson e parabenizá-lo pela vitória. Não podemos simplesmente dar tapinhas nas costas, nem brindar com ele. Watson não sabia o que isso significa e não fazia a menor ideia de que tinha vencido. Furor da mídia à parte, a verdade é que Watson é uma máquina de calcular altamente sofisticada, capaz de somar (ou pesquisar arquivos de dados) com uma velocidade bilhões de vezes maior que o cérebro humano, mas carece totalmente de consciência de si ou de senso comum.

Por um lado, o progresso no campo da inteligência artificial tem sido

espantoso, principalmente na área da potência computacional pura. No ano de 1900, se alguém visse o poder de cálculo dos computadores de hoje, diria se tratar de um milagre. Mas, em outro sentido, o progresso tem sido extremamente lento na construção de máquinas que pensem por si mesmas (isto é, verdadeiros autômatos, que não precisem de um manipulador de marionetes, um controlador com um *joystick*, ou alguém no painel de controle remoto). Os robôs não têm a menor noção de que são robôs.

Dado que a potência dos computadores tem sido duplicada a cada dois anos nos últimos cinquenta anos, pela lei de Moore, alguns dizem que é só uma questão de tempo para que as máquinas adquiram uma autoconsciência capaz de rivalizar com a inteligência humana. Ninguém sabe quando isso irá acontecer, mas a humanidade deve estar preparada para o momento em que a consciência da máquina saia do laboratório e entre no mundo real. O modo de lidar com a consciência dos robôs poderá decidir o futuro da raça humana.

CICLOS DE “ALTOS E BAIXOS” NA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

É difícil prever o destino da IA, que já passou por três ciclos de altos e baixos.

Nos anos 1950, parecia que as empregadas domésticas e os ordonhos

mecânicos logo se tornariam realidade. Foram construídas máquinas que jogavam xadrez e solucionavam problemas de álgebra. Braços robóticos reconheciam e pegavam blocos. A Universidade de Stanford criou um robô chamado Shakey – basicamente um computador sobre rodas, com uma câmera

– que se movia sozinho numa sala, evitando obstáculos.

Logo foram publicados artigos precipitados em revistas científicas, anunciando a chegada do robô doméstico. Algumas previsões eram muito conservadoras.

Em 1949, a revista *Popular Mechanics* afirmava que “no futuro, os computadores não pesarão mais do que 1,5 tonelada”. Outras eram bastante otimistas, anunciando que o dia dos robôs estava próximo. Um dia, Shakey será um ordonho ou empregada doméstica mecânica, passando aspirador de pó nos tapetes e abrindo as portas para nós. Filmes como *2001: Uma odisseia no espaço* nos convenceram de que os robôs em breve estariam pilotando foguetes espaciais da Terra

para Júpiter, e batendo papo com os astronautas. Em 1965, o dr. Herbert Sim on, um dos fundadores da IA, disse tranquilam ente: “Dentro de 20

anos, as m áquinas serão capazes de fazer qualquer trabalho que o hom em faz.”

Dois anos depois, outro fundador da IA, o dr. Marvin Minsky, disse que “dentro de um a geração (...) a dificuldade de se criar ‘inteligência artificial’ estará praticam ente superada”.

Mas todo esse otim ism o chegou ao fim nos anos 1970. Robôs j ogadores de xadrez só sabiam j ogar xadrez. Braços m ecânicos só sabiam pegar blocos, e nada m ais. Eram com o anim ais treinados para fazer um único núm ero. O m ais avançado dos robôs levava horas para atravessar um a sala. Colocado num am biente estranho, Shakey se perdia com a m aior facilidade. Além disso, os cientistas estavam longe de entender a consciência. Em 1974, a IA sofreu um grande golpe quando os Estados Unidos e a Inglaterra reduziram drasticam ente os subsídios aos trabalhos na área.

Mas, com o a potência dos com putadores continuava crescendo nos anos 1980, houve um a nova corrida do ouro pela IA, im pulsionada principalm ente pela esperança do Pentágono de colocar robôs soldados no cam po de batalha. A verba destinada às pesquisas em IA chegou a um bilhão de dólares em 1985, com centenas de m ilhões de dólares gastos em proj etos com o o Sm art Truck, que seria um cam inhão inteligente, autônom o, para penetrar nas linhas inim igas, fazer o reconhecim ento do terreno, realizar m issões (com o resgate de prisioneiros) e retornar ao território aliado. Infelizm ente, o único feito realizado pelo cam inhão foi se perder. Os notórios fracassos desses proj etos caríssim os criaram m ais um período de estagnação para a Inteligência Artificial nos anos 1990.

Paul Abraham s, falando sobre a época em que era aluno no MIT, disse: “É

com o se um grupo de pessoas se propusesse a construir um a torre para chegar à Lua. A cada ano, eles m ostram com orgulho o quanto a torre está m ais alta do que no ano anterior. O único problem a é que a Lua não está chegando m ais perto.”

Mas hoj e, com o desenvolvim ento incessante da potência dos com putadores, teve início m ais um renascim ento da IA, e estão sendo feitos progressos lentos, porém , substanciais. Em 1997, o com putador

Deep Blue da IBM venceu o cam peão de xadrez Garry Kasparov. Em 2005, o carro robô de Stanford venceu a Darpa Grand Challenge, com petição de carros sem m otorista. Outras grandes m etas têm sido alcançadas.

Resta a questão: A sorte estará na terceira tentativa?

Os cientistas percebem hoj e que subestim aram dem ais o problem a porque a m aior parte do pensam ento hum ano é inconsciente. De fato, a parte consciente dos nossos pensam entos representa apenas um a parcela m ínim a de nossas com putações.

O dr. Steve Pinker diz: “Eu pagaria um dinheirão por um robô que lavasse os pratos e realizasse tarefas sim ples, m as não posso, porque todos os problem inhas que é preciso resolver para construir um robô que faça coisas desse tipo, com o reconhecer obj etos, pensar sobre o m undo e controlar m ãos e pés, são problem as de engenharia não resolvidos.”

Em bora os film es de Holly wood nos digam que robôs assustadores com o o Exterm inador estão logo ali na esquina, a tarefa de criar um a m ente artificial tem se m ostrado m uito m ais difícil do que se pensava. Um a vez perguntei ao dr.

Minsky quando as m áquinas irão se equiparar, ou talvez superar, à inteligência hum ana. Ele disse estar confiante em que isso irá acontecer, m as não faz m ais previsões de datas. Em vista da m ontanha russa que é a história da IA, talvez o m ais sensato sej a m apear o futuro da IA sem fazer um cronogram a.

RECONHECIMENTO DE PADRÕES E SENSO COMUM

Há pelo m enos dois problem as básicos para a IA: o reconhecim ento de padrões e o senso com um .

Os m elhores robôs m al conseguem reconhecer obj etos sim ples com o um a bola ou um copo. O olho do robô pode ver m ais detalhes do que um olho natural, m as seu cérebro não reconhece o que vê. Se um robô for colocado num a rua m ovim entada que ele não conhece, ele se desorienta rapidam ente e fica perdido.

Devido a esse problem a, o reconhecim ento de padrões (por exem plo, a

identificação de obj etos) progrediu m uito m ais lentam ente do que se supunha.

Quando um robô entra numa sala, tem que fazer trilhões de cálculos, decompondo os objetos que ele vê em pixels, linhas, círculos, quadrados e triângulos, para fazer correspondências com as milhares de imagens armazenadas em sua memória. Por exemplo: o robô vê uma cadeira com o mesmo misto de linhas e pontos, mas não é capaz de identificar facilmente a essência do que é uma cadeira. Mesmo o que consiga ligar um objeto a uma imagem em sua base de dados, uma pequena rotação (com o mesmo a cadeira caída no chão) ou uma mudança de perspectiva (a cadeira num ângulo diferente) vai confundir o robô. Automaticamente, nosso cérebro leva em conta diferentes perspectivas e variações. Nosso cérebro realiza inconscientemente trilhões de cálculos, mas o processo não parece exigir esforço algum.

Os robôs têm também dificuldades com o senso comum. Eles não entendem fatos simples do mundo físico e biológico. Não existe uma equação que confirme algo tão óbvio (para nós, humanos) como o “o calor excessivo é desconfortável”, ou “as mães são mais velhas que as filhas”. Já houve até algum progresso na tradução desse tipo de informação para a lógica matemática, mas catalogar o senso comum de uma criança de 4 anos exigiria centenas de milhões de linhas de códigos de programação. Como disse Voltaire: “O senso comum não é muito comum.”

Por exemplo: um dos robôs mais avançados, Asimov, foi construído pela Honda Corporation no Japão (onde são feitos 30% de todos os robôs industriais). É um robô maravilhoso, do tamanho de um menino, que anda, corre, sobe escadas, fala várias línguas e dança (muito melhor que eu). Interagi várias vezes com Asimov na televisão, e fiquei impressionado com suas habilidades.

Entretanto, numa reunião particular com os criadores do robô, fiz a pergunta-chave: A inteligência de Asimov é comparável à de qual animal? Eles admitiram que era a inteligência de um inseto. Todo o show de dança e fala era mais destinado à mídia. O problema é que Asimov é, de um modo geral, um grande gravador. Possui apenas uma lista modesta de funções autônomas, de modo que cada movimento ou fala tem que ser detalhadamente programado com

antecedência. Por exemplo: um vídeo curto da minha interação com Asimov levou cerca de três horas para ser gravado, porque os gestos das mãos e outros movimentos tinham que ser programados por um a equipe de operadores.

Antecedência. Por exemplo: um vídeo curto da minha interação com Asimov levou cerca de três horas para ser gravado, porque os gestos das mãos e outros movimentos tinham que ser programados por uma equipe de operadores.

Considerando nossa definição de consciência humana, os robôs atuais parecem estagnados num nível muito primitivo, tentando entender o mundo físico e social por meio da aprendizagem de fatos básicos. Sendo assim, os robôs nem chegaram ao estágio de fazer simulações realistas do futuro. Dizer a um robô que planeje um assalto a um banco, por exemplo, implica supor que ele sabe tudo o que é fundamental num banco, como o sistema de segurança, o lugar em que o dinheiro fica guardado, e com a polícia e as pessoas presentes reagirão ao assalto. Alguns desses dados podem ser programados, mas há centenas de nuances que a mente humana entende naturalmente, mas os robôs, não.

Os robôs são excelentes na simulação do futuro apenas em determinadas áreas, como jogar xadrez, fazer cálculos para previsão meteorológica, traçar colisão de galáxias etc. Com as regras do xadrez e a lei da gravidade são conhecidas há séculos, simular o futuro de um jogo ou de um sistema solar é só uma questão de potência computacional.

Tentativas de superar esses limites à força também fracassaram. Um

programa ambicioso chamado CYC foi desenvolvido para resolver o problema do senso comum. O CYC continha milhões de linhas de códigos de programação, com todas as informações e conhecimentos necessários para compreender o ambiente físico e social. Mesmo sendo capaz de processar centenas de milhares de fatos e milhões de comandos, o CYC não reproduz o nível de pensamento de um humano de 4 anos de idade. Infelizmente, após algumas notícias otimistas na imprensa, o projeto ficou estagnado. Muitos programadores desistiram, milhares de jornais apareceram e sumiram, mas ainda assim o projeto não morreu.

O CÉREBRO É UM COMPUTADOR?

Onde foi que erramos? Nos últimos 50 anos, os cientistas que trabalham com Inteligência Artificial vêm tentando definir padrões do cérebro seguindo uma analogia com computadores. Mas talvez isso seja muito simplista. Como disse Joseph Campbell: “Os computadores são como os deuses do Velho Testamento: muitas leis e nenhum amor misericórdia.” Retirando um único transistor de um chip Pentium, o computador para imediatamente. Mas o cérebro humano pode continuar funcionando mesmo sem a metade dele.

Isso acontece porque o cérebro não é um computador, e sim um tipo de rede neural altamente sofisticada. Diferentemente de um com

putador, que tem uma arquitetura fixa (entrada, saída e processador), as redes neurais são conjuntos de neurônios que se reconectam e se reforçam a cada nova tarefa aprendida. O

cérebro não tem programação, nem sistema operacional, nem Windows, nem processador central. As redes neurais são basicamente paralelas, com 100

bilhões de neurônios disparando ao mesmo tempo a fim de atingir um único objetivo: aprender.

Com isso em mente, os pesquisadores de IA estão reexaminando a abordagem

“de cima para baixo”, que vinham seguindo nos últimos 50 anos (por exemplo, colocando todas as regras de senso com um único CD). Agora eles estão adotando a abordagem “de baixo para cima”. Essa abordagem tenta seguir a Mãe

Natureza, que criou seres inteligentes (nós) através da evolução, começando com animais simples, com o verme e os peixes, e depois criando outros animais com cérebros.

As redes neurais aprendem pelo método mais difícil, tropeçando e cometendo erros.

O dr. Rodney Brooks, ex-diretor do famoso MIT Artificial Intelligence Laboratory e cofundador do iRobot, que fabrica aqueles aspiradores de pó autômatos presentes em muitas casas, introduziu uma abordagem inteiramente nova da IA. Em vez de projetar robôs grandes e desajeitados, por que não fazer robôs pequenos e compactos como os insetos, que precisam aprender a andar, tal como acontece na natureza? Quando o entrevistei, o dr. Rodney me disse que ficava maravilhado ao ver que um mosquito, de cérebro quase microscópico com pouquíssimos neurônios, faz maravilhas no espaço muito melhor que qualquer avião-robô. Ele construiu uma série de robôs extremamente simples, carinhosamente chamados de “insetoides” ou “bugbots”, que corriam pelo MIT e em volta dos robôs mais tradicionais. Seu objetivo era criar robôs que seguissem o método de tentativa e erro da Mãe Natureza. Em outras palavras, os robózinhos aprendiam à medida que esbarravam nas coisas.

A princípio, pode parecer que isso exige muita programação. A ironia, porém, é que a rede neural não exige programação nenhuma. A única coisa que a rede neural faz é se reprogramar, dando mais peso a certos percursos cada vez que toma uma decisão certa.

Portanto, programar não é nada; montar a rede é tudo.

Autores de ficção científica já imaginaram robôs em Marte com o

humanoide, andando e se movendo exatamente como nós, dotados de inteligência humana por meio de uma programação complexa. Aconteceu o oposto. Hoje, os netos dessa abordagem – com o robô Curiosity – estão circulando pela superfície de Marte. Não são programas para andar como humanos, mas, tendo a inteligência de um inseto, se saem muito bem naquele terreno. Esses veículos feitos para Marte têm uma programação relativamente pequena, e aprendem à medida que esbarram em obstáculos.

OS ROBÔS SÃO CONSCIENTES?

Talvez a maneira mais clara de constatar que robôs inteiramente autômatos ainda não existem seja classificar seu grau de consciência. Com o visto no capítulo 2, podem os classificar a consciência em quatro níveis. O Nível 0 refere-se a organismos e plantas, isto é, envolve alguns ciclos de feedback e poucos parâmetros simples, como temperatura e luz solar. O Nível I descreve insetos e répteis, que têm mobilidade e sistema nervoso central; isso significa criar um modelo de seu mundo em relação a um novo parâmetro, o espaço. O Nível II de consciência cria um modelo de mundo em relação aos outros da mesma espécie, exigindo emoções. O Nível III de consciência descreve os humanos, que

incorporam o tempo e a consciência de si para simular a evolução das coisas no futuro e determinar nosso próprio lugar nesses modelos.

Podem os usar essa teoria para classificar os robôs de hoje. A primeira geração de robôs estava no Nível 0, pois eram estáticos, sem rodas nem esteiras. Os robôs de hoje estão no Nível I, pois são móveis, mas se situam numa escala muito baixa, porque têm uma dificuldade tremenda de se moverem no mundo real.

Sua consciência pode ser comparada à de um verme, ou de um inseto lento. Para preencher totalmente o Nível I, os cientistas terão que criar robôs capazes de duplicar realisticamente a consciência de insetos e répteis. Até os insetos têm capacidades que faltam aos robôs atuais, como encontrar esconderijos rapidamente, localizar parceiros sexuais na floresta, reconhecer predadores e fugir deles, encontrar abrigo e comida.

Com o já mencionamos, podem os classificar numericamente a

consciência pelo número de ciclos de feedback em cada nível. Os robôs que enxergam, por exemplo, podem ter vários ciclos de feedback porque têm sensores visuais que detectam sombras, bordas, curvas, formas geométricas etc., de forma tridimensional. Da mesma maneira, robôs que escutam têm sensores que detectam frequência, intensidade, ênfase, pausas etc. O número total de seus ciclos de feedback é por volta de 10 (enquanto um inseto, que se alimenta no momento, encontra parceiros, localiza abrigo etc., pode ter 50 ou mais ciclos de feedback). Um robô típico, portanto, deve ter um Nível I:10 de consciência.

Os robôs terão que ser capazes de criar um modelo do mundo em relação aos outros para entrarem no Nível II de consciência. Com o já mencionamos, numa primeira aproximação, o Nível II é calculado pela multiplicação da quantidade de integrantes do grupo pelo número de emoções e gestos usados para a comunicação entre eles. Assim, os robôs terão Nível II:0 de consciência. Espera-se que os robôs com emoções, em construção nos laboratórios de hoje, logo subam de nível.

Os robôs atuais veem os humanos com o conjunto de pixels sendo movendo em seus sensores de TV, mas alguns pesquisadores de IA estão começando a criar robôs capazes de reconhecer emoções nas expressões faciais e no tom de voz dos humanos. É um primeiro passo na direção de robôs que percebam que os humanos são mais do que pixels aleatórios, e que têm emoções.

Nas próximas décadas, os robôs irão ascender ao Nível II de consciência, tornando-se gradualmente tão inteligentes quanto um camundongo, rato, coelho, até chegar ao gato. Talvez ainda neste século eles sejam tão inteligentes quanto um macaco, e então começarão a criar metas próprias.

Quando os robôs tiverem um conhecimento funcional do senso comum e da Teoria da Mente, serão capazes de fazer simulações complexas do futuro, colocando-se com os atores principais, e então entrarão no Nível III de

consciência. Sairão do mundo do presente e entrarão no mundo do futuro. Isso

está décadas à frente da capacidade de qualquer robô de hoje. Fazer simulações significa ter uma firme compreensão das leis da natureza, da causalidade e do senso comum, para ser capaz de prever eventos futuros. Significa também entender as intenções e

otivações humanas a fim de poder prever o

comportamento futuro das pessoas.

O valor numérico do Nível III de consciência, com o dissemos, é calculado pelo número total de conexões causais possíveis para simular o futuro em várias situações da vida real dividido pelo valor médio de um grupo de controle. Os computadores de hoje são capazes de fazer simulações limitadas com poucos parâmetros (por exemplo, colisão de duas galáxias, fluxo de ar em torno de um avião, tremor de prédios num terremoto), mas são totalmente despreparados para simular o futuro em situações complexas da vida real, portanto, seu nível de consciência é algo como o Nível III:5.

Com o poderemos ver, talvez leve muitas décadas de trabalho intenso para termos um robô capaz de operar com naturalidade na sociedade humana.

QUEBRA-MOLAS NO CAMINHO

Afinal, quando os robôs terão inteligência igual ou maior que a humana? Não se sabe, mas há muitas previsões. A maior parte se baseia na lei de Moore e aponta para daqui a décadas. Mas a lei de Moore não é uma lei e, na verdade, viola uma lei fundamental da física: a teoria quântica.

Assim, a lei de Moore não pode durar para sempre. Já podem os vê-la

enfraquecendo, e pode ficar para trás no fim desta ou da próxima década. Nesse caso, as consequências serão graves, especialmente para o Vale do Silício.

O problema é simples. No momento, é possível colocar centenas de milhões de transistores de silício num chip do tamanho de uma unha, mas há um limite de espaço nesses chips. Hoje, a maior camada de silício num chip Pentium é de aproximadamente vinte átomos de espessura; em 2020, poderá ter cinco átomos mais. Porém, o princípio de incerteza de Heisenberg entra em cena, e não se pode determinar precisamente onde o elétron está, e ele poderia “vazar” do fio.

(Veja o Apêndice, onde discutimos em mais detalhes a teoria quântica e o princípio da incerteza.) O chip entraria em curto-circuito. Além disso, iria gerar calor suficiente para fritar um ovo. Assim, o vazamento e a temperatura irão acabar derrubando a lei de Moore e será necessário fazer logo uma substituição.

Com o acúmulo de transistores em chips planos está chegando ao máximo da potência computacional, a Intel está fazendo uma aposta multibilionária de que os chips chegarão à terceira dimensão. O tempo dirá se o jogo vai valer a pena (um problema sério com chips de 3D é que a temperatura aumenta

rapidamente com a altura do chip).

A Microsoft busca outras opções, com o expandir em 2D com processamento paralelo. Uma possibilidade é colocar os chips horizontalmente, em fila. Depois, diseca-se o problema de software em partes, cada parte é atribuída a um pequeno chip, e no final as partes são reagrupadas. Entretanto, pode ser um processo difícil, e os softwares se desenvolvem a um ritmo muito mais lento do que a

taxa exponencial prevista pela lei de Moore.

Essas medidas paliativas podem acrescentar anos à lei de Moore. Mas em algum momento tudo isso também passará: a teoria quântica assumirá o comando inevitavelmente. Isso significa que os físicos estão pesquisando uma ampla variedade de alternativas para quando a Idade do Silício estiver chegando ao fim, tais como computadores quânticos, computadores moleculares,

nanocomputadores, computadores de DNA, computadores óticos *etc.* Nenhum dessas tecnologias, porém, está pronta para o lançamento.

O VALE ESTRANHO

Suponham os que um dia irem os conviver com robôs incríveis e sofisticados, talvez usando chips com transistores moleculares em vez de silício. O quanto querem os que esses robôs se pareçam conosco? O Japão é o líder mundial na criação de robôs parecidos com bichinhos e crianças, mas as suas projetistas têm o cuidado de não fazê-los parecidos demais com humanos, o que pode causar incômodo. Esse fenômeno foi estudado no Japão pelo dr. Masahiro Mori, nos anos 1970, e é chamado de “vale estranho”. Ele diz que robôs parecidos demais com os humanos ficam assustadores. (Na verdade, esse efeito foi mencionado pela primeira vez por Darwin, em 1839, em *A viagem do Beagle*, e mais tarde por Freud, em 1919, num ensaio intitulado “O estranho”.) Desde então, tem sido estudado minuciosamente, não só por pesquisadores de IA, mas também por profissionais de animação, publicitários, e por todos aqueles que promovem produtos envolvendo figuras de aparência humana. Por exemplo: num resenha do filme *O expresso polar*, um escritor da CNN observou que “Aqueles personagens humanos no filme parecem ... bem, assustadores. Assim, *O expresso polar* é na melhor das hipóteses desconcertante, e, na pior, um tanto horripilante.”

Segundo o dr. Mori, quanto mais um robô é parecido com um humano, mais empatia sentimos com relação a ele, mas só até certo ponto. Há uma pequena queda de empatia quando um robô fica com aparência muito humana — daí o

“vale estranho”. Um robô muito parecido conosco, mas ainda com alguns traços

“estranhos”, cria um sentimento de repulsa e medo. Se um robô parece 100%

humano, indistinguível de você e de mim, voltamos a registrar emoções positivas.

Isso tem implicações práticas. Por exemplo: os robôs devem sorrir? Em princípio, parece óbvio que devem sorrir ao cumprimentar as pessoas, fazendo-as se sentirem confortáveis. O sorriso é uma expressão facial universal, que sinaliza acolhimento e boas-vindas. Mas se o sorriso do robô é realista demais, provoca arrepios. (Por exemplo: são comuns as máscaras de Halloween de seres fantasmagóricos sorridentes, com expressão diabólica.) Os robôs só devem sorrir se tiverem traços infantis (isto é, olhos grandes e rostinho

redondo), ou perfeitam ente hum anos, m as nenhum a form a intern ediária. Quando o sorriso é forçado, ativam os m úsculos faciais com o córtex pré-frontal. Quando sorrim os porque estam os de bom hum or, os nervos são controlados pelo sistem a lím bico, que aciona um conj unto ligeiram ente diferente de m úsculos. O cérebro sabe distinguir a sutil diferença entre os dois, o que foi benéfico para nossa evolução.

Esse efeito pode ser estudado tam bém com varreduras cerebrais. Digam os que um indivíduo sej a colocado num aparelho de IRM, vendo a im agem de um robô que parece perfeitam ente hum ano, exceto por m ovim entos bruscos e m ecânicos. Cada vez que o cérebro vê algum a coisa, tenta prever o m ovim ento futuro daquele obj eto. Quando vem os um robô que parece hum ano, o cérebro prevê que ele se m ovim entará com o um hum ano, e se o robô se m ove com o um a m áquina, há um a falta de correspondência que nos traz desconforto. O lobo parietal, principalm ente, se ilum ina (especificam ente a parte do lobo em que o córtex m otor se conecta ao córtex visual). Acredita-se que existam neurônios espelho nessa área do lobo parietal. Faz sentido, porque o córtex visual capta a im agem do robô sem elhante a um hum ano e seus m ovim entos são previstos pelo córtex m otor e por neurônios espelho. Por fim , é provável que o córtex orbitofrontal, localizado logo atrás dos olhos, coloque tudo j unto e diga: “Hum m , tem algum a coisa esquisita aí.”

Os diretores de Holly wood estão cientes desse efeito. Quando gastam m ilhões para fazer um film e de terror, eles sabem que a cena m ais apavorante não é a da bolha gigante atacando ou um enorm e vulto de Frankenstein saindo de trás da m oita. A cena m ais apavorante é quando há um a perversão do com um . Vej am os o film e *O exorcista*. Que cena fez espectadores saírem correndo do cinem a para vom itar, ou desm aiarem ali m esm o, na plateia? Foi a cena em que o dem ônio aparece? Não. Espectadores do m undo inteiro gritaram de terror ou choraram de soluçar quando a cabeça de Linda Blair fez um giro com pleto.

Essa reação pode ser dem onstrada com m acacos j ovens. Se m ostrarm os aos anim ais im agens de Drácula ou Frankenstein, eles ríem e rasgam a figura. Mas o que faz os m acaquinhos fugirem aterrorizados é a im agem de um m acaco decapitado. Mais um a vez, é a perversão do com um que desperta o m aior m edo.

(No capítulo 2, m encionam os que a teoria de espaçotem po da consciência explica a natureza do hum or, pois o cérebro sim ula o futuro de um a piada, e se surpreende ao ouvir o final inesperado. Isso explica tam bém a natureza do terror.

O cérebro simula o futuro de um evento com um , trivial, e tem um choque quando de repente as coisas são horrivelmente pervertidas.)

Por esse motivo, os robôs continuarão a ter uma aparência muito infantil, mesmo o que se aproxima da inteligência humana. Somente quando os robôs puderem agir realisticamente com o humano, seus projetistas poderão lhes dar uma aparência totalmente humana.

CONSCIÊNCIA DE SILÍCIO

Com o tempo, a consciência humana é uma colcha de retalhos impecável, confeccionada com as diversas capacidades desenvolvidas ao longo de milhares de anos de evolução. Se receberem informações sobre seu mundo físico e social, os robôs podem ser capazes de criar simulações semelhantes (ou, em alguns aspectos, até superiores) às nossas, mas uma consciência de silício pode diferir da nossa em duas áreas-chave: em ações e metas.

Historicamente, os pesquisadores da IA ignoraram o problema da emoção, considerando-a uma questão secundária. A meta era criar um robô lógico e racional, e não distraído e impulsivo. Consequentemente, a ficção científica dos anos 1950 e 1960 pôs em destaque robôs (e humanoides com o Spock em *Jornada nas estrelas*) com cérebros perfeitos, totalmente lógicos.

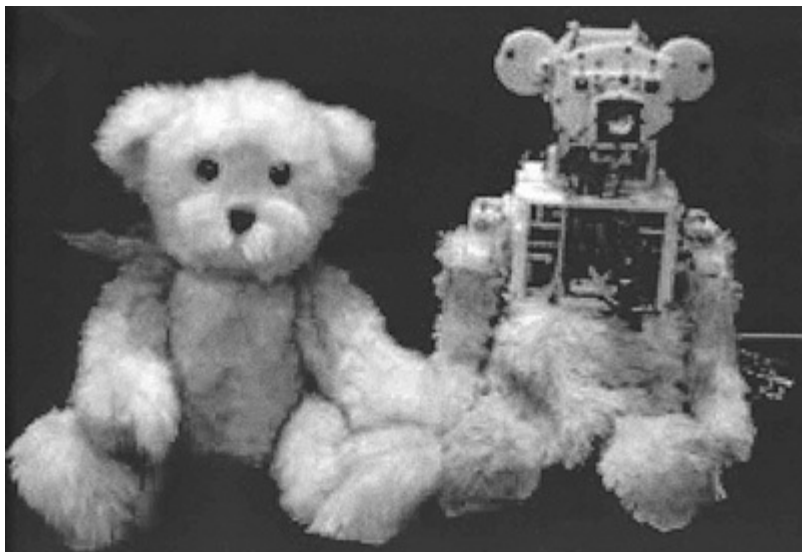
Com o “vale estranho”, vimos que os robôs precisarão ter uma certa aparência para entrar em nossa casa, mas algumas pessoas argumentam que os robôs também devem ter emoções, para poderem os criar laços, interagir

produtivamente e também cuidar deles. Em outras palavras, os robôs precisarão do Nível II de consciência. Para conseguir isso, eles terão que reconhecer todo o espectro de emoções humanas. Ao analisar os movimentos faciais sutis de sobrancelhas, pálpebras, lábios, bochechas etc., um robô deverá ser capaz de identificar o estado emocional de um humano, principalmente o de seu dono.

Uma instituição que se destacou na criação de robôs que reconhecem e imitam emoções é o MIT Media Laboratory. Tive o prazer de visitar o laboratório, perto de Boston, em várias ocasiões. É como visitar uma fábrica de brinquedos para gente grande. Para onde quer que a gente olhe, vemos equipamentos futuristas, de alta tecnologia, destinados a tornar nossa vida mais interessante, agradável e conveniente.

Olhando ao redor da sala, vi muitas imagens que entraram em film

es de Hollywood com o *Minority Report – A nova lei e Inteligência Artificial*. Andando por aquele playground do futuro, encontrei dois robôs muito interessantes, Huggable e Nexi. Sua criadora, a dra. Cynthia Breazeal, me contou que eram robôs com muitas etapas específicas. Huggable (“abraçável”) é um ursinho-robô muito



fofo, feito para crianças. Ele consegue identificar emoções de crianças, tem câmeras de vídeo nos olhos, alto-falante na boca e sensores no pelo (assim, ele sabe se alguém está lhe fazendo cócegas, cutucando ou abraçando). Um dia, um robzinho desses pode ser um professor particular, babá, auxiliar de

enfermagem, ou com panheiro de brincadeiras.

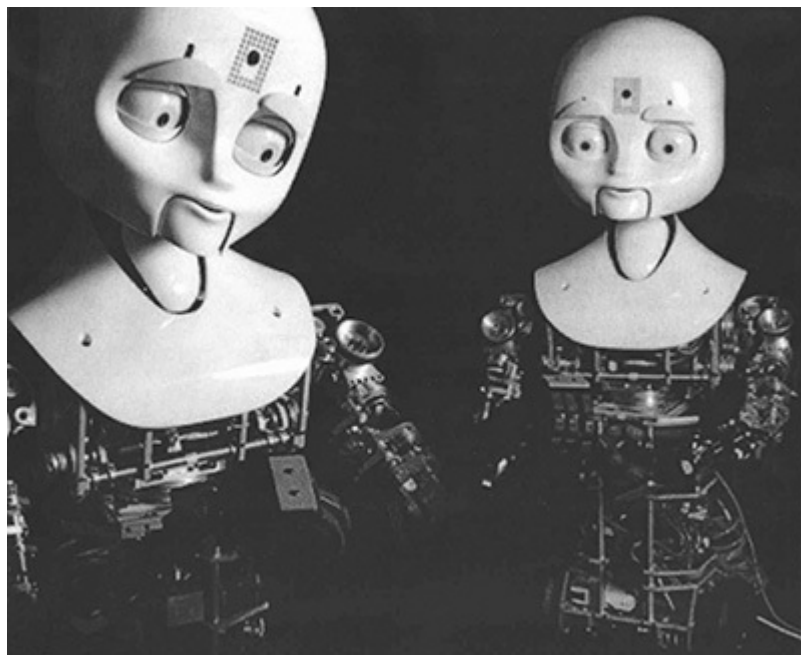


Figura 12. Huggable (topo) e Nexi (em baixo), dois robôs construídos no MIT

Media Laboratory, projetados explicitamente para interagir com humanos através de emoções.

Nexi, por outro lado, é para adultos. Parece um pouco com o Pillsbury Doughboy. Tem uma carinha redonda, bochechuda, amigável, e olhos redondos que reviram para todo lado. Quando foi testado num asilo de idosos, os pacientes adoraram. Os velhinhos se afeioaram ao Nexi, o beijaram, conversaram com

ele, e sentiram saudades quando ele foi embora. (Ver Figura 12.) A dra. Breazeal me disse que projetou Huggable e Nexi porque não estava satisfeita com seus robôs anteriores, que pareciam latas cheias de fios, motores e engrenagens. Para projetar um robô que pudesse interagir emocionalmente com as pessoas, a cientista precisou imaginar o que ele teria que fazer para se comportar com nós e criar laços afetivos. E ela não queria robôs presos no laboratório, mas que saíssem para o mundo real. O ex-diretor do MIT Media Laboratory, dr. Frank Moss, diz: “Foi por isso que em 2004 Breazeal decidiu que já era o momento de criar uma geração de robôs sociais, que pudessem viver em qualquer lugar: lares, escolas, hospitais, clínicas de idosos etc.”

Na Waseda University, no Japão, os cientistas estão trabalhando num

robô com os movimentos da parte superior do corpo representando emoções (medo, raiva, surpresa, alegria, nojo, tristeza) e que podem ouvir, cheirar, ver e tocar. Foram programados para atingir metas importantes, com o seu recarregar de energia e evitar situações perigosas. O objetivo é integrar os sentidos com as emoções, de modo que os robôs possam de modo apropriado em diferentes situações.

Para não ficar atrás, a Comissão Europeia está financiando um projeto em andamento chamado Felix Growing, para promover a Inteligência Artificial no Reino Unido, França, Suíça, Grécia e Dinamarca.

ROBÔS EMOTIVOS

Vou lhes apresentar o Nao.

Quando está feliz, ele estende os braços para cumprimentar com um grande abraço. Quando está triste, baixa a cabeça e parece desanimado, com os ombros curvados. Quando está com medo, se encolhe todo até que alguém lhe dê um tapinha tranquilizador na cabeça.

É com o mesmo nenininho de 1 ano, só que robô. Nao tem 45 centímetros de altura, e parece muito com os robôs que vemos numa loja de brinquedos, com os Transformers, exceto que é um dos mais avançados robôs existentes do mundo. Foi construído por cientistas da Universidade de Hertfordshire, no Reino Unido, em uma pesquisa financiada pela União Europeia.

É programado para externar emoções com felicidade, tristeza, medo, animação e orgulho. Enquanto outros robôs têm gestos faciais e verbais rudimentares para comunicar suas emoções, Nao conhece linguagem corporal, gestos e posturas. E até dança.

Ao contrário de outros robôs, especializados em apenas uma área emocional, Nao domina uma ampla escala de reações. Primeiro, Nao se concentra no rosto dos visitantes, identifica-os, e se lembra de suas interações anteriores com cada

um deles. Segundo, ele segue os movimentos deles. Por exemplo: ele segue o olhar deles, e sabe para onde estão olhando. Terceiro, ele começa a interagir e aprende a reagir aos gestos. Por exemplo: se alguém sorrir para ele ou der tapinhas em sua cabeça, ele sabe que é um sinal positivo. Com o seu cérebro tem redes neurais, ele aprende a partir das interações com humanos. Quarto, Nao expressa emoções em resposta a suas interações com as pessoas (todas as suas respostas emocionais são pré-programadas, com o seu gravador de fita, mas ele

decide qual é a emoção adequada à situação). Por fim, quanto mais Nao interage com um humano, mais ele aprende sobre os humanos daquela pessoa, e mais fortes se tornam seus laços com ela.

Ele não tem só uma personalidade; pode ter várias. Já que Nao aprende com a interação com humanos, e cada interação é única, personalidades diferentes vão surgindo. Por exemplo: uma personalidade pode ser muito independente, dispensando orientação, e outra pode ser tímida, medrosa, apavorada com os objetos numa sala, exigindo constante intervenção humana.

A líder do projeto Nao é a dra. Lola Cañamero, cientista da computação na Universidade de Hertfordshire. Para dar início a esse ambicioso projeto, ela analisou a interação entre chimpanzés. Seu objetivo era reproduzir o mais fielmente possível o comportamento emocional de um chimpanzé de 1 ano de idade.

A dra. Cañamero vê aplicações imediatas para robôs em otivos. Assim como a dra. Breazeal, ela quer usá-los para reduzir a ansiedade de crianças internadas em hospitais. Ela diz: “Queremos explorar diversos papéis — os robôs podem ajudar as crianças a entender o tratamento, explicar o que elas devem fazer.

Queremos ajudar as crianças a controlar a ansiedade.”

Outra possibilidade é que os robôs se tornem companheiros em asilos. Nao pode ser importante numa equipe médica. Algum dia esses robôs poderão ser companheiros de crianças e fazer parte da família.

“É difícil prever o futuro, mas não deve demorar muito para que seu computador seja um robô. Você poderá conversar, flertar, e até se irritar com ele — e ele entenderá você e suas emoções”, disse o dr. Terrence Sejnowski, do Salk Institute, perto de San Diego. Essa é a parte fácil. A parte difícil é calibrar as respostas do robô adequadas às informações. Se o dono está irritado ou descontente, o robô deve levar isso em conta ao responder.

EMOÇÕES: DETERMINANDO O QUE É IMPORTANTE

Além disso, os pesquisadores de IA começaram a perceber que as emoções podem ser uma chave para a consciência. Neurocientistas como o dr. Antonio

Damasio descobriram que, quando a conexão entre o lobo pré-frontal

(que governa o pensamento racional) e os centros emocionais (por exemplo, o sistema límbico) é danificada, os pacientes não conseguem fazer julgamentos de valor.

Eles ficam com a capacidade de decisão travada, sem conseguir resolver as coisas simples (o que comprar, quando marcar um encontro, qual caneta usar), porque tudo tem o mesmo valor para eles. Portanto, vê-se que as emoções não são um luxo; são absolutamente essenciais e, sem elas, um robô terá dificuldade para determinar o que é importante e o que não é. As emoções, antes

consideradas menos importantes para a Inteligência Artificial, estão agora assumindo um papel central.

Se um robô se depara com um incêndio, ele pode salvar primeiro o

computador, e não as pessoas, caso sua programação diga que documentos importantes não podem ser substituídos, e trabalhadores podem. É crucial que os robôs sejam programados para distinguir entre o que é importante e o que não é, e as emoções são atalhos que o cérebro pega para determinar isso rapidamente.

Portanto, os robôs devem ser programados para ter um sistema de valores – que a vida humana é mais importante que objetos materiais, que crianças devem ser salvas primeiro numa emergência, que objetos mais caros têm mais valor que objetos baratos *etc.* Com os robôs não vêm equipados com valores, precisam ser carregados com uma lista importante de julgamentos de valor.

O problema das emoções é que às vezes elas são irracionais, enquanto que os robôs são muito precisos. Assim, a consciência de silício pode diferir da consciência humana em aspectos fundamentais. Por exemplo: os humanos têm pouco controle sobre as emoções, que surgem de forma repentina, pois se originam no sistema límbico, e não no córtex pré-frontal. Nossas emoções são quase sempre influenciadas. Vários testes mostram que tendemos a superestimar a capacidade de pessoas bonitas. Os belos tendem a ascender mais na sociedade e ter mais empregos melhores mesmo que sejam menos capazes que os outros, contrariando o ditado “Beleza não põe mesa”.

Da mesma forma, a consciência de silício pode não levar em conta sinais sutis que os humanos usam quando se encontram, com a linguagem corporal.

Quando pessoas entram numa sala, os jovens geralmente mostram

deferência aos mais velhos, e funcionários em posição inferior demonstram maior cortesia para com os superiores. Mostram os deferência no movimento do corpo, na escolha das palavras, nos gestos. A linguagem corporal é mais antiga que a própria linguagem falada, e é configurada de forma sutil no cérebro. Para interagir socialmente com humanos, os robôs terão que aprender esses sinais inconscientes.

Nossa consciência é influenciada por peculiaridades do nosso passado evolucionário, que os robôs não têm. Portanto, a consciência de silêncio pode não ter a mesma abertura e as mesmas peculiaridades que a nossa.

UM MENU DE EMOÇÕES

Já que a programação das emoções é feita externamente, e depois incorporada aos robôs, os fabricantes podem oferecer um menu de emoções escolhidas a dedo, conforme a necessidade, utilidade, e maior afinidade com o dono.

O mais provável é que os robôs sejam programados para ter apenas algumas emoções humanas, dependendo da situação. Talvez a emoção mais valorizada seja a lealdade. O dono quer que o robô execute suas ordens sem reclamar, que entenda, antecipe e satisfaça suas necessidades. A última coisa que o dono deseja é um robô cheio de atitudes, que dê respostas desaforadas, critique as pessoas e fique resmungando. Críticas construtivas são importantes, mas devem ser feitas com tato. E se o robô receber ordens conflitantes, deverá saber ignorar todas as que não sejam do seu dono.

A empatia é outra emoção valorizada pelo dono. Robôs com empatia entenderão os problemas de outros e se disponibilizarão para ajudar. Sabendo interpretar movimentos faciais e tom de voz, os robôs poderão identificar quando alguém está sofrendo e prestar a ajuda possível.

Estranhamente, o medo é outra emoção desejável. A evolução nos deu o sentimento de medo por uma razão, para evitarmos determinadas ameaças.

Ainda que os robôs sejam feitos de aço, eles também devem temer certos perigos, com o cair do alto de um edifício, ou entrar num incêndio. Um robô totalmente destemido, que se deixe destruir, será inútil.

Mas outras em oções, com o a raiva, precisam ser excluídas, proibidas, ou fortem ente reguladas. Se os robôs são construídos para ter grande força física, um robô furioso pode criar m uitos problem as em lares e escritórios. A raiva pode im pedi-lo de realizar suas tarefas e causar grandes danos a propriedades. (O

propósito evolucionário da raiva é m ostrar descontentam ento. Isso pode ser feito de m aneira racional, serena, sem fúria.)

Outra em oção que deve ser excluída é o desej o de estar no com ando. Um robô m andão só criaria problem as, desafiando as ideias e desej os do dono (verem os m ais adiante a im portância dessa questão, quando discutirm os se um dia os robôs poderão dom inar os hum anos). Portanto, o robô terá que se curvar aos desej os do dono, m esm o que não sej am os m ais aconselháveis.

Talvez a em oção m ais difícil de program ar sej a o hum or, que é capaz de unir dois com pletos estranhos. Um a sim ples piada pode desarm ar um a situação tensa ou acentuá-la ainda m ais. O m ecanism o do hum or é sim ples: o final da anedota é inesperado. Mas as sutilezas do hum or são enorm es. Muitas vezes avaliam os o outro pelo m odo com o reage a certas piadas. Se os hum anos usam piadas com o m edida para avaliar outros hum anos, seria im portante criar um robô que possa achar um a piada engraçada. O presidente Ronald Reagan, por exem plo, era fam oso por descontraír com um a tirada as situações m ais difíceis. Ele tinha um a

vasta coleção de piadas, tiradas e com entários afiados porque entendia o poder do hum or. (Alguns com entaristas políticos acreditam que ele venceu o debate com Walter Mondale na cam panha para a presidência quando foi perguntado se não era velho dem ais para ser presidente, e Reagan respondeu que não usaria a j uventude do adversário contra ele.) O riso inapropriado pode ter consequências desastrosas (e pode até ser sinal de doença m ental). O robô precisará discernir entre rir *com* alguém ou *de* alguém . (Os atores conhecem bem a natureza diversificada do riso. Sabem criar risadas que representam horror, cinism o, alegria, raiva, tristeza etc.) Portanto, pelo m enos até que a teoria da Inteligência Artificial estej a m ais desenvolvida, os robôs devem ficar longe do hum or e das risadas.

PROGRAMANDO EMOÇÕES

Até agora evitam os discutir a difícil questão sobre com o essas em oções seriam program adas num com putador. Devido à com plexidade, provavelm ente terão que ser program adas em estágios.

Primeiro, o mais fácil é identificar uma emoção analisando as expressões do rosto, lábios, sobrancelhas e tom de voz de alguém. Atualmente, a tecnologia de reconhecimento facial já é capaz de criar um dicionário de emoções, atribuindo determinados significados a certas expressões faciais. Na verdade, esse processo remonta a Charles Darwin, que passou bastante tempo catalogando emoções com seus animais e humanos.

Segundo, o robô deve responder rapidamente a cada emoção. Isso também é fácil. Se alguém rir, o robô sorri. Se alguém estiver com raiva, o robô sai de perto para evitar conflito. O robô deverá ter uma vasta enciclopédia de emoções programadas e encontrar uma resposta rápida para cada uma.

O terceiro estágio é o mais complexo porque envolve determinar as

motivações por trás da emoção aparente. Isso é difícil, pois há uma série de situações que podem deflagrar uma determinada emoção. Um sorriso pode significar que alguém está feliz, escutou uma piada, ou viu uma pessoa cair. Ou pode ser que esteja nervoso, ansioso, ou insultando alguém. Da mesma forma, se alguém grita, pode significar uma emergência, ou pode ser apenas uma reação de alegria e surpresa. Determinar a razão por trás de uma emoção exige uma habilidade difícil até para os humanos. Para conseguir isso, o robô precisará ter uma lista de várias razões possíveis para uma emoção, e determinar a que faz mais sentido. Isso significa tentar encontrar a razão por trás da emoção que se encaixe melhor em sua base de dados.

Quarto, uma vez determinada a origem da emoção, o robô terá que dar a

resposta adequada. Isso também é difícil, pois há várias respostas possíveis, e a resposta errada pode piorar a situação. O robô já tem em sua programação uma lista das reações possíveis à emoção original. Ele precisará calcular qual é a mais apropriada, o que significa simular o futuro.

OS ROBÔS VÃO MENTIR?

Normalmente, pensam os robôs friamente analíticos e racionais, sem prever a verdade. Mas, uma vez integrados à sociedade, eles provavelmente aprenderão a mentir ou, pelo menos, a ter tato suficiente para refrear seus comentários.

Em nossa vida, várias vezes por dia nos deparamos com situações em

que precisam os dizer um a m entira branca. Se alguém nos pergunta se está com boa aparência, nem sem pre ousam os dizer a verdade. A m entira branca é com o um lubrificante para a sociedade funcionar bem . Se form os subitam ente obrigados a dizer toda a verdade (com o Jim Carrey em *O mentiroso*), acabarem os criando m uita confusão e m agoando os outros. Muitos ficarão ofendidos se você disser a verdade sobre a aparência deles, ou o que você realm ente acha. Você vai ser dem itido pelo chefe. Abandonado pela pessoa am ada. Evitado pelos am igos.

Estranhos lhe darão um a bofetada. É m elhor guardar para si alguns pensam entos.

Da m esm a form a, os robôs precisarão aprender a m entir ou esconder a verdade, ou acabarão ofendendo as pessoas e dispensados pelos donos. Se um robô disser a verdade num a festa, pode ficar m al para o dono e criar um a confusão. Portanto, se alguém pedir a opinião do robô, ele tem que saber ser evasivo, agir com diplom acia, e responder com tato. Ele pode se esquivar da questão, m udar de assunto, responder com um clichê, com outra pergunta ou um a m entira branca (tudo o que os *chat-bots* têm aperfeiçoado). Isso significa que o robô j á estará program ado com um a lista de respostas evasivas possíveis, e deverá escolher a que criar m enos com plicações.

Um a das poucas vezes em que um robô deve dizer toda a verdade é ao

responder a um a pergunta do dono, que precisa estar preparado para um a resposta franca. Talvez outra ocasião em que o robô deva ser sincero sej a num a investigação policial, quando a verdade é absolutam ente necessária. A não ser nessas circunstâncias, os robôs devem ser capazes de m entir livremente ou de om itir a verdade para m anter as engrenagens da sociedade em funcionam ento.

Em outras palavras, os robôs têm que ser socializados tal com o os adolescentes.

OS ROBÔS VÃO SENTIR DOR?

Os robôs em geral são program ados para tarefas cansativas, suj as e perigosas.

Não há m otivo para deixarem de fazer trabalhos repetitivos ou suj os, pois não são program ados para sentir tédio ou noj o. O problem a surge quando o robô tem que enfrentar situações perigosas. Nesse

ponto, talvez seja preciso reprogramá-los para sentir dor.

Desenvolvemos a sensação da dor porque nos ajudou a sobreviver em

ambientes perigosos. Há pessoas que nascem sem a capacidade de sentir dor, devido a um defeito genético chamado analgesia congênita. À primeira vista, pode parecer uma sorte, pois essas crianças não choram quando se machucam, mas na verdade é uma maldição. As crianças com esse defeito genético têm sérios problemas, com o medo de cortar fora partes da língua, sofrer queimaduras graves e cortes, que podem levar à amputação dos dedos. A dor é um alerta de perigo, avisando para tirar a mão do fogo aceso ou parar de correr com o tornozelo torcido.

Em algum momento, os robôs terão que ser reprogramados para sentir dor, ou não saberão evitar situações perigosas. A primeira sensação de dor deverá ser a fome (isto é, a sensação de necessidade de energia elétrica). Quando as baterias estiverem fracas, eles vão ficar desesperados, sabendo que seus circuitos logo se desligarão, deixando o trabalho incompleto. Quanto menos carga tiver a bateria, mais ansiosos eles ficarão.

Além disso, por mais fortes que sejam, os robôs podem pegar acidentalmente um objeto pesado demais e quebrar seus membros. Podem sofrer

superaquecimento ao trabalhar com metal fundido numa metalúrgica, ou ao entrar num prédio incendiado para auxiliar os bombeiros. Nesses casos, os sensores de temperatura e tensão precisam dar o alerta de que estão excedendo os limites de suas especificações.

Mas quando a sensação de dor é incluída no menu de opções, levanta

imediatamente questões éticas. Muita gente acredita que não devem os infligir dor desnecessária aos animais e tem a mesma opinião a respeito dos robôs. Isso abre espaço para os direitos dos robôs. Haverá leis para limitar a exposição de robôs à dor e ao perigo. As pessoas não se importam se os robôs estão executando tarefas entediantes ou sujas, mas, se eles sentirem dor ao executar uma tarefa perigosa, pode ter início um lobby para leis de proteção aos robôs. Isso pode levar a um conflito legal entre donos e fabricantes exigindo um aumento do nível da dor que os robôs poderão tolerar, e especialistas em ética querendo o contrário.

Isso, por sua vez, pode deflagrar outros debates sobre os direitos dos

robôs. Os robôs poderão ter propriedades? O que acontecerá se eles ferirem alguém acidentalmente? Poderão ser processados ou punidos? Quem será o responsável num processo legal? Um robô poderá ser dono de outro robô? Essa discussão

levanta outra questão espinhosa: Os robôs devem ser programados com um senso de ética?

ROBÔS ÉTICOS

A princípio, a ideia de robôs éticos parece perda de tempo e esforço. Entretanto, essa questão adquire outro tom quando consideramos os que os robôs poderão tomar decisões de vida ou morte. Com o serão fisicamente fortes e capazes de salvar vidas, terão que fazer escolhas éticas instantâneas a respeito de quem salvar primeiro.

Digamos que haja um terremoto catastrófico, e crianças estão presas nos escombros de um prédio. Onde o robô deverá ir pegar sua energia? Deve tentar salvar o maior número de crianças? Ou as crianças menores? Ou as mais vulneráveis? Se os escombros forem pesados demais, o robô pode danificar sua constituição eletrônica. Nesse caso, há mais um impasse ético: com o calcular o número de crianças que salvará versus os danos que sua constituição eletrônica aguentará?

Sem uma programação adequada, o robô pode simplesmente parar, esperando que um humano tome a decisão, “e assim perderá um tempo precioso”.

Portanto, alguém tem que programá-lo antevendo situações em que ele precise tomar automaticamente a decisão “certa”.

As decisões éticas terão que ser pré-programadas no computador logo no início, pois não existe lei mais ética que atribua um valor ao salvamento de um grupo de crianças. Nessa programação deverá constar uma longa lista de coisas e situações classificadas por ordem de importância. É um trabalho muito cansativo. Às vezes um ser humano leva a vida inteira para aprender uma lição ética, mas um robô deve aprendê-las antes de sair da fábrica para poder se integrar à sociedade. Só as pessoas conseguem fazer isso, e mesmo assim os dilemas éticos às vezes nos confundem. E isso levanta questões: Quem tomará as decisões? Quem decide a ordem em que os robôs salvarão vidas humanas?

A questão da tomada de decisões provavelmente será resolvida por uma combinação de leis e mercado. Será preciso haver leis para, no

no mínimo, determinar uma ordem de prioridades de salvamento numa emergência. Mas, além dessa, há milhares de questões éticas maiores. As decisões sobre questões mais sutis deverão ser decididas pelo mercado e o senso comum.

Se você trabalha para uma empresa de segurança, com clientes de alta posição, terá que ensinar o robô a salvar as pessoas numa ordem exata em diferentes situações, com base em considerações com o cumprimento do dever, mas também bem orçamentado.

O que acontece se um bandido comprar um robô para cometer um crime?

Isso levanta outra questão: o robô deverá desobedecer a ordem do seu dono para infringir a lei? Nos exemplos anteriores, vimos que os robôs serão programados para compreender as leis e tomar decisões éticas. Portanto, se ele julgar que o dono está lhe pedindo para infringir a lei, deve estar liberado para desobedecer.

Há também o dilema ético colocado por robôs que refletem as crenças do dono, que podem divergir das normas morais e sociais. As “guerras culturais”

que vemos na sociedade de hoje só tendem a se intensificar se tivermos os robôs que sigam as crenças e opiniões do dono. Em certo sentido, esse conflito é inevitável. Os robôs são extensões dos sonhos e desejos de seus criadores e, quando forem sofisticados o suficiente para tomar decisões morais, eles tomam a palavra.

As diferenças na sociedade poderão ser ressaltadas quando os robôs

começarem a lidar com portamentos que desafiam nossos valores e objetivos.

Robôs de jovens que gostam de bandas barulhentas podem entrar em conflito com robôs de idosos residentes num bairro sossegado. O primeiro grupo de robôs pode ser programado para amplificar o som, e o segundo grupo ser programado para reduzir os ruídos ao máximo possível. Robôs de religiosos fundamentalistas podem ter desavenças com robôs de ateus. Robôs de diferentes nações e culturas serão projetados para refletir os costumes de sua sociedade, o que pode gerar choques (se acontece entre humanos, imagine entre robôs). Então, como será possível programar robôs eliminando esses conflitos? Não será. Os robôs simplesmente refletirão as tendências e preconceitos dos criadores. No fim das contas, as diferenças culturais e éticas entre robôs serão resolvidas na justiça.

Não existe lei da física ou da ciência que determine essas questões morais e, portanto, será preciso criar leis para resolver os conflitos sociais. Os robôs não podem resolver dilemas morais criados pelos humanos. Na verdade, só podem intensificá-los.

Mas, se os robôs puderem tomar decisões éticas e legais, também poderão ter e entender sensações? Se conseguirem salvar alguém, sentirão alegria? Terão preferências, com o gostar da cor vermelha? Analisar friamente a ética de quem salvar é uma coisa, mas entender e sentir é outra. Os robôs poderão sentir?

OS ROBÔS PODERÃO ENTENDER E SENTIR?

Ao longo dos séculos, muitas teorias questionaram se uma máquina poderia pensar e sentir. Minha filosofia própria se chama “construtivismo”, isto é, em vez de debater a questão indefinidamente, o que não leva a nada, devemos nos empenhar em pregar nossa energia na criação de um autômato para ver até onde chegam os. De outro modo, vamos acabar em intermináveis debates filosóficos, sem chegar a uma

conclusão. A vantagem da ciência é que, quando tudo já foi dito e feito, podemos os realizar experimentos para decidir a questão.

Assim, para decidir essa questão, se um robô pode pensar ou não, a solução está em construir um. No entanto, há quem defenda que as máquinas já humanas serão capazes de pensar como os humanos. O argumento mais forte é que, apesar de conseguir manipular fatos mais rapidamente que os humanos, um robô não

“entende” o que está manipulando. Embora seja capaz de processar sentidos (cor, som) melhor que um humano, não consegue realmente “sentir” ou

“experimentar” a essência desses sentidos.

Por exemplo: o filósofo David Chalmers dividiu os problemas da IA em duas categorias, Problemas Fáceis e Problemas Difíceis. Para ele, Problemas Fáceis são criar máquinas que imitam cada vez mais as habilidades humanas, como jogar xadrez, somar números, reconhecer certos padrões etc. Os Problemas Difíceis envolvem criar máquinas que entendam sentimentos e sensações subjetivas, que são chamados qualia.

De acordo com essa abordagem, do mesmo modo que é impossível ensinar a um cego o que é a cor vermelha, uma máquina já humana será

capaz de vivenciar a sensação subjetiva da cor vermelha. E um computador pode traduzir palavras do chinês para o inglês com grande fluência, mas já mais entenderá o que está traduzindo. Nesse cenário, os robôs são excelentes gravadores ou máquinas de som, capazes de recitar e manipular informação com uma precisão incrível, mas sem entender nada.

Esses argumentos devem ser levados a sério, mas há outra maneira de ver a questão dos qualia e da experiência subjetiva. No futuro, é provável que haja uma máquina capaz de processar uma sensação, com a cor vermelha, muito melhor que os humanos. Será capaz de descrever as propriedades físicas do vermelho, e até usá-lo num verso poético melhor que um humano. Mas o robô

“sente” a cor vermelha? Isso é irrelevante, pois a palavra “sentir” não é bem definida. Algum dia, a descrição da cor vermelha feita por um robô poderá ser melhor que a humana, e o robô poderá perguntar: Os humanos entendem

realmente a cor vermelha? Talvez os humanos não sejam capazes de entender a cor vermelha com todas as nuances e sutilezas que um robô consegue captar.

Como disse o behaviorista B. F. Skinner, “o problema real não é se as máquinas pensam, mas se os humanos pensam”.

Da mesma forma, é uma questão de tempo até que um robô seja capaz de definir palavras chinesas e usá-las num contexto de modo muito melhor que qualquer humano. Nesse ponto, é irrelevante se o robô “entende” ou não chinês.

Na prática, o computador conhecerá a língua chinesa melhor que qualquer humano. Em outras palavras, a palavra “entender” não tem uma definição exata.

Um dia, quando os robôs tiverem superado nossa capacidade de manipular essas palavras e sensações, será irrelevante se o robô as “sente” ou “entende”. A

questão deixará de ter importância.

Como disse o matemático John von Neumann: “Na matemática, não

entendem as coisas. Só nos acostumamos a elas.”

Assim, o problema não está na máquina, mas na natureza da linguagem humana, nas palavras que não possuem uma definição exata e têm significados diferentes para pessoas diferentes. Certa vez perguntaram ao grande físico quântico Niels Bohr com o qual alguém poderia entender os profundos paradoxos da teoria quântica. A resposta, ele disse, está em como você define “entender”.

O dr. Daniel Dennett, filósofo na Tufts University, escreveu: “Não é possível haver um teste objetivo para diferenciar um robô esperto de uma pessoa consciente. Então, você escolhe: ou permanece fixado no Problema Difícil, ou desiste e esquece o assunto. Deixa pra lá.”

Em outras palavras, não existe o Problema Difícil.

Para a filosofia construtivista, o que interessa não é discutir se uma máquina pode “sentir” a cor vermelha, mas construir a máquina. Nesse cenário, há um continuum de níveis descrevendo as palavras “entender” e “sentir” (isso significa que pode até ser possível atribuir valores numéricos a graus de entendimento e sensação). Num polo, temos os robôs atuais, desajeitados, que conseguem manipular alguns símbolos, mas não vão muito além disso. No polo oposto, temos os humanos, que se orgulham de sentir as qualia. Mas, com o tempo, os robôs serão capazes de descrever sensações melhor que nós, em todos os níveis. Então será óbvio que os robôs entendem.

Essa era a filosofia por trás do famoso teste de Turing, de Alan Turing. Ele previu que algum dia haveria uma máquina capaz de responder com o mesmo tempo a qualquer pergunta: “Um computador vai me fazer acreditar que ele é humano?”

A definição de Francis Crick, físico laureado pelo Prêmio Nobel, é melhor ainda. Ele observou que no século passado os biólogos tiveram discussões acaloradas sobre “O que é a vida?”. Agora, com o entendimento que adquirimos sobre o DNA, os cientistas percebem que a questão não é bem definida. Essa simples questão tem muitas variações, camadas e complexidades. A pergunta “O

que é a vida?” simplesmente desapareceu. O mesmo pode vir a acontecer com o entendimento e a sensação.

ROBÔS CONSCIENTES DE SI

Que passos devem ser dados para que computadores como o Watson tenham

consciência de si? Para responder a essa pergunta, vamos voltar à definição de consciência de si: é a capacidade de se colocar em um modelo do ambiente e

fazer simulações desse modelo no futuro para atingir um objetivo. Esse primeiro passo exige um nível muito alto de senso comum, a fim de prever vários eventos.

Portanto, o robô deve se colocar nesse modelo, o que requer um entendimento das várias possibilidades de ação que ele poderá escolher.

Na Universidade Meiji, os cientistas deram o primeiro passo para a criação de um robô com consciência de si. É um projeto ambicioso, mas eles acham que podem executá-lo criando robôs com a Teoria da Mente. Começaram com a construção de dois robôs. O primeiro foi programado para executar certos movimentos. O segundo foi programado para observar o primeiro e imitá-lo.

Conseguiram criar um segundo robô que imitava sistematicamente o com portamento do primeiro, somente observando-o. É a primeira vez na história que se constrói um robô especificamente para ter consciência de si. O segundo robô tem a Teoria da Mente, isto é, é capaz de observar outro robô e imitar seus movimentos.

Em 2012, o segundo passo foi dado por cientistas da Universidade de Yale, ao criarem um robô que passou no teste do espelho. Quando animais são colocados diante de um espelho, o animal acha que a imagem no espelho é de outro animal. Com o tempo, apenas alguns animais passaram no teste do espelho, percebendo que a imagem era um reflexo deles mesmos. Os cientistas de Yale criaram um robô chamado Nico, que parece um esqueleto desengonçado, feito de arames retorcidos, braços mecânicos e dois olhos salientes no alto. Quando foi colocado na frente do espelho, Nico não só reconheceu sua imagem, mas conseguiu deduzir a localização de objetos na sala ao ver a imagem deles no espelho. Isso é similar ao que fazem os animais ao olhar pelo espelho retrovisor e inferir a localização dos objetos lá atrás.

O programador de Nico, Justin Hart, disse: “Até onde sabemos, é o primeiro sistema robótico a usar o espelho dessa maneira, e representa um passo significativo na direção de uma arquitetura coesa, que permite ao robô aprender sobre seu corpo e aparência por meio da auto-observação, e é uma aptidão importante, exigida para passar no teste do espelho.”

Com o os robôs da Universidade Meiji e da Universidade de Yale representam a mais avançada tecnologia na construção de robôs com consciência de si, é fácil perceber que os cientistas têm um longo caminho até criarem um robô com consciência de si semelhante à humana.

A pesquisa está apenas começando, porque nossa definição de consciência de si requer que o robô utilize essa informação para criar simulações do futuro, o que está muito além da capacidade de Nico, ou de qualquer outro robô.

Isso levanta uma questão importante: Com o um computador pode adquirir total consciência de si? Na ficção científica, costumamos nos deparar com uma situação em que a internet de repente se torna consciente de si, como no filme *O*

exterminador do futuro. Dado que a internet está conectada a toda a infraestrutura

da sociedade moderna (por exemplo, sistema de esgoto, eletricidade, telecomunicações, armamentos), uma internet consciente de si poderia assumir facilmente o controle da sociedade. Ficariam os impotentes diante dessa situação.

Alguns cientistas opinam que isso pode acontecer com o exemplo de um

“fenômeno emergente”, ou seja, quando se reúne um número grande de computadores, pode ocorrer uma súbita transição de fase para um estágio superior, sem qualquer fornecimento de dados do exterior.

Isso diz tudo e não diz nada, porque deixa de fora todos os importantes passos intermediários. É como falar que uma via expressa pode subitamente ter consciência de si se tiver muitas pistas.

Neste livro, já que damos uma definição de consciência e de consciência de si, deve ser possível listar os passos para que a internet se torne consciente de si.

Primeiro, uma internet inteligente tem que fazer continuamente modelos de seu lugar no mundo. Em princípio, essa informação pode ser programada de forma externa. Isso inclui descrever o mundo externo, ou seja, a Terra, as cidades, os computadores, e tudo isso se pode encontrar na própria internet.

Segundo, a internet tem que se colocar nesse modelo. Essa informação também é fácil de conseguir. Inclui todas as especificações da internet (o número de computadores, nós, linhas de transmissão etc.) e sua relação com o mundo externo.

Mas o terceiro passo é muito mais difícil. Significa fazer simulações contínuas desse modelo no futuro, de acordo com um objetivo. É aí que esbarram os numa barreira. A internet não é capaz de fazer simulações do futuro, e não tem objetivos. Mesmo no mundo científico, simulações do futuro são geralmente feitas com poucos parâmetros (por exemplo, simulando a colisão de dois buracos negros). Fazer uma simulação de um modelo do mundo contendo a internet está muito além das possibilidades de programação disponível hoje. Seria preciso incorporar todas as leis do senso comum, todas as leis da física, química e biologia, bem como os fatos sobre o comportamento humano e a sociedade humana.

Além disso, essa internet inteligente precisa ter um objetivo. Hoje, é apenas uma via expressa passiva, sem qualquer direção ou propósito. Claro que, em princípio, pode-se impor um objetivo à internet. Mas considerem o seguinte problema: Podem os criar uma internet cujo objetivo seja a autopreservação?

Esse seria o objetivo mais simples de todos, mas ninguém sabe fazer nem mesmo essa programação. Um programa desses, por exemplo, impossibilita o desligamento da internet quando tiramos os a tomada da parede. No momento, a internet é totalmente incapaz de reconhecer uma ameaça à sua existência, quanto mais uma conspiração para detê-la.

Por exemplo: uma internet capaz de detectar ameaças a sua existência precisa ser capaz de identificar tentativas de corte de eletricidade, cortes de linhas de

comunicação, destruição dos servidores, tentativas de desabilitar suas conexões por fibras ópticas e por satélite etc. Além disso, uma internet capaz de se defender contra esses ataques precisa saber adotar contramedidas para cada situação, simulando atentados no futuro. Nenhum computador do mundo é capaz de fazer sequer uma fração disso.

Em outras palavras, talvez seja possível criar robôs conscientes de si, e até uma internet consciente de si, mas esse dia está num futuro longínquo, quem sabe, no final deste século?

Mas suponham os que esse dia tenha chegado, e que encontram os robôs

conscientes de si por aí. Se um desses robôs tem objetivos com patíveis com os nossos, esse tipo de Inteligência Artificial não traz nenhum problema. Mas o que acontecerá se os objetivos forem diferentes? O medo é de que os humanos sejam dominados e escravizados pelos robôs conscientes de si. Se tiverem uma capacidade superior de simular o futuro, os robôs poderão transformar os resultados de várias situações de modo a encontrar o melhor meio de subjugar a humanidade.

Uma forma de conter o problema é assegurar que os objetivos dos robôs sejam benevolentes. Com o vimos, não basta simular o futuro. As simulações devem servir a um objetivo. Se o objetivo do robô é sua mera preservação, ele vai tentar se defender quando quisermos desligá-lo, e isso vai ser complicado para a humanidade.

OS ROBÔS ASSUMIRÃO O CONTROLE?

Na maioria dos contos de ficção científica, os robôs se tornam perigosos devido ao desejo de assumir o controle. A palavra “robô” vem do tcheco e significa

“trabalhador”, tendo surgido pela primeira vez em 1920, na peça *R.U.R., O*

nascimento do robô [*Rosumovi Univerzální Roboti*], de Karel Čapek, em que cientistas criam uma raça de seres mecânicos de aparência idêntica à dos humanos. Milhares desses robôs executam os trabalhos mais servis e perigosos, porém, são muito maltratados e um dia se rebelam e destroem a raça humana.

Apesar de terem dominado o mundo, esses robôs têm uma falha: não conseguem se reproduzir. Mas no final da peça, dois robôs se apaixonam. Assim, talvez, venha a surgir um novo ramo da “humanidade”.

Uma trama mais realista é apresentada no filme *O exterminador do futuro*, em que os militares criam uma rede de supercomputadores, chamada Sky net, que controla todo o estoque de suprimento nuclear dos Estados Unidos. Certo dia, a Sky net se torna consciente. Os militares tentam desligá-la, mas então se dão conta de uma falha grave na programação: a rede foi projetada para se proteger,

e a única maneira de fazer isso é eliminar o problema: a hum

anidade. A Sky net desencadeia um a guerra nuclear, reduzindo a humanidade a um bando de desajustados e rebeldes lutando contra máquinas exterminadoras.

Certamente, é possível que os robôs se tornem uma ameaça. Hoje em dia, o drone (veículo aéreo não tripulado) Predator é capaz de alvejar vítimas com exatidão, mas é controlado por um joystick a milhares de quilômetros de distância. Segundo o *New York Times*, as ordens de ataque são dadas diretamente pelo presidente dos Estados Unidos. Mas, no futuro, o Predator poderá ter uma tecnologia de reconhecimento facial que lhe permita atirar quando tiver 99% de certeza da identidade do alvo. Sem intervenção humana, ele poderá usar automaticamente essa tecnologia para atacar qualquer um que se encaixe no perfil.

Pois bem, suponhamos que um drone desses tenha um colapso que cause alterações no programa de reconhecimento facial. Ele pode se tornar um robô vilão com permissão para matar qualquer um que cruze seu caminho. Pior ainda, imagine uma esquadrilha desses drones controlada por um comando central. Se houver uma pane num único transistor do computador central, a esquadrilha inteira pode sair matando a esmo.

Um problema mais sutil seria quando robôs se comportam perfeitamente bem, sem panes, mas com uma pequeníssima falha fatal no programa e nos objetivos. Para um robô, a autopreservação é um objetivo importante. Mas ser útil aos humanos, também. O problema surge quando esses dois objetivos entram em contradição.

No livro *Eu, Robô*, o sistema do computador decide que os humanos são autodestrutivos, com suas infundáveis guerras e atrocidades, e que a única maneira de proteger a raça humana é assumir o controle e criar uma

benevolente ditadura da máquina. A contradição aqui não está entre dois objetivos, mas num único objetivo não realista. Esses robôs assassinos não têm um defeito — eles chegam à conclusão lógica de que a única maneira de preservar a humanidade é assumir o comando.

Uma solução para esse problema é criar uma hierarquia de objetivos. Por exemplo: o desejo de ajudar os humanos deve vir antes da autopreservação. Esse tema foi explorado no filme *2001: Uma odisseia no espaço*, em que HAL 9000 é um computador consciente, capaz de conversar tranquilamente com os humanos.

Mas as ordens dadas a HAL são autocontraditórias, e a lógica im pede que sej am executadas. Ao tentar executar o im possível, HAL passa dos lim ites, enlouquece, e a única solução para obedecer aos com andos contraditórios dos hum anos im perfeitos é elim iná-los.

A m elhor solução talvez sej a criar um a lei da robótica, determ inando que os robôs não podem fazer m al à raça hum ana m esm o que haj a contradições em suas diretivas. Eles devem ser program ados para ignorar contradições m enores

em suas ordens e preservar sem pre a lei suprem a. Mas isso, na m elhor das hipóteses, ainda pode ser um sistem a im perfeito. Por exem plo: se o obj etivo central do robô for proteger a hum anidade, com prioridade sobre quaisquer outros obj etivos, tudo vai depender de com o o robô entende a palavra “proteger”.

A definição m ecânica dessa palavra pode ser diferente da nossa.

Alguns, com o o dr. Douglas Hofstadter, cientista cognitivo da Universidade de Indiana, não tem em a am eaça dos robôs. Quando o entrevistei, ele disse que os robôs são nossos filhos, e, então, por que não am á-los com o am am os nossos próprios filhos? Nossa atitude, disse ele, é am ar os filhos, m esm o sabendo que eles nos controlarão.

Quando entrevistei o dr. Hans Moravec, ex-diretor do Laboratório de AI da Carnegie Mellon University, ele concordou com Hofstadter. Em seu livro *Homens e robôs*, ele diz: “Livres do lento cam inhar da evolução biológica, os filhos de nossa m ente terão a liberdade de crescer para enfrentar os desafios im ensos e fundam entais no universo m aior. (...) Nós, hum anos, vam os nos beneficiar do trabalho deles por algum tem po, m as, (...) assim com o nossos filhos naturais, eles buscarão a própria sorte, enquanto nós, os velhos pais, vam os desvanecendo silenciosam ente.”

Outros, pelo contrário, acham essa solução horrível. Talvez o problem a possa ser resolvido se m odificarm os nossos obj etivos e prioridades antes que sej a tarde dem ais. Se os robôs são nossos filhos, tem os que “ensiná-los” a ser benevolentes.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL AMIGÁVEL

Com o robôs são criaturas m ecânicas feitas em laboratório, a natureza assassina ou am igável de tal m áquina depende da direção tom ada pelas pesquisas em IA.

Muitos financiam entos vêm das Forças Arm adas, que têm a incum

bência específica de vencer guerras, portanto, robôs assassinos são uma possibilidade real.

Contudo, já que 30% dos robôs comerciais são fabricados no Japão, [4] outra possibilidade é que sejam projetados para serem parceiros e trabalhadores. Esse objetivo é viável se o setor do consumo controlar a pesquisa robótica. Na filosofia de “IA amigável”, os inventores criarão robôs programados desde o início para serem benéficos para os humanos.

Culturalmente, a abordagem japonesa é diferente da ocidental. Enquanto as crianças ocidentais temem o medo de robôs do tipo Terminator, as japonesas são influenciadas pelo xintoísmo, pregando que tudo é dotado de espírito, inclusive robôs. Em vez de sentir estranheza diante de robôs, as crianças japonesas dão gritinhos de prazer ao encontrar um deles. Não é de admirar,

portanto, a proliferação de robôs no mercado e nas residências do Japão. Os robôs cumprimentam os clientes nas grandes lojas e dão aulas na TV. Há até uma peça de teatro no Japão estrelada por um robô.

O Japão tem outro motivo para acolher os robôs. Eles serão os futuros enfermeiros de um país idoso, onde 21% da população tem acima de 65 anos. O

Japão está envelhecendo mais rapidamente que qualquer outra nação. Em certo sentido, o país é como um desastre ferroviário em câmera lenta. Há três fatores demográficos em ação. Primeiro, as mulheres japonesas têm uma expectativa de vida mais longa que qualquer outro grupo étnico no mundo. Segundo, o Japão tem a maior taxa de natalidade do mundo. Terceiro, a política de imigração é muito restritiva, e 99% da população é de japoneses legítimos. Não dispondo de imigrantes jovens, o país irá depender de robôs para cuidar dos velhos.

Esse problema não se restringe ao Japão; a Europa vem a seguir. Itália, Alemanha, Suíça e outros países europeus sentem uma pressão demográfica semelhante. As populações do Japão e da Europa poderão sofrer uma grave redução em meados do século. Os Estados Unidos não ficam muito atrás. A taxa de natalidade de cidadãos nascidos no país caiu drasticamente nas últimas décadas, mas a imigração manterá o crescimento norte-americano neste século.

Em outras palavras, é uma aposta de trilhões de dólares para ver se os

robôs poderão nos salvar desses pesadelos demográficos.

O Japão é líder mundial na criação de robôs capazes de entrar em nossa vida cotidiana. Os japoneses criaram robôs que cozinham (alguns conseguem preparar um a tigela de macarrão em um minuto e quarenta segundos). Em um restaurante, é possível fazer o pedido num tablet e o robô cozinheiro

imediatamente entra em ação. Ele tem em dois grandes braços mecânicos, que pegam tigelas, colheres, facas, e preparam a refeição. Alguns robôs-cozinheiros têm até aparência humana.

Há também robôs musicais. Um deles tem “pulmões de acordeão”, que lhe permitem fazer música bombeando ar através de um instrumento. Há robôs-empregadas domésticas. É só separar a roupa lavada que o robô dobra. Existe até um robô que fala, pois tem pulmões artificiais, lábios, língua e cavidade nasal. A Sony Corporation, por exemplo, construiu o robô AIBO, que parece um cachorro e registra várias emoções quando é acariciado. Alguns futurólogos preveem que a indústria robótica pode vir a ser tão grande quanto a automotobilística é hoje.

O mais importante aqui é que os robôs não são necessariamente programados para destruir e dominar. O futuro da Inteligência Artificial depende de nós.

Mas alguns críticos da IA também alegam que os robôs poderão tomar o controle, não que sejam agressivos, e sim por erro nosso ao criá-los. Em outras palavras, se um robô vier a dominar, será porque foi programado com objetivos conflitantes.

“EU SOU UMA MÁQUINA”

Quando entrevistei o dr. Rodney Brooks, ex-diretor do Laboratório de Inteligência Artificial do MIT e cofundador do iRobot, perguntei se ele achava que algum dia as máquinas iriam nos dominar. Ele me disse que precisamos aceitar que todos nós somos os máquinas. Isso significa que algum dia serem os capazes de construir máquinas tão vivas quanto nós. Mas ele alerta que teremos que abrir mão do conceito de que somos os “especiais”.

Essa evolução da perspectiva humana teve início com Nicolau Copérnico, quando descobriu que a Terra não era o centro do universo, e que girava em torno do Sol. Continuou com Darwin, ao mostrar que somos os semelhantes aos animais em termos de evolução. E continuará no futuro – prosseguiu o dr. Brooks

– quando descobrirem os que som os m áquinas, apesar de feitos de carne e osso, e não de peças.

Ele acredita que será um a m udança im portantíssima a em nossa visão de m undo aceitar que nós tam bém som os m áquinas. “Não gostam os de abrir m ão de nossa condição de especiais, e então a ideia de que robôs possam realm ente ter em oções, ou que robôs possam ser criaturas vivas, acho que será difícil aceitar.

Mas vam os ter que aceitar nos próxim os cinquenta anos.”

Mas quanto aos robôs virem a tom ar o controle, ele diz que isso provavelm ente não acontecerá, por um a série de razões. Prim eiro, ninguém vai construir accidentalm ente um robô que queira dom inar o m undo. Criar um robô que queira tom ar o controle sem ter sido program ado para isso seria com o construir um avião 747 por acaso. E haveria tem po de sobra para im pedir que isso

acontecesse. Antes que alguém construa um “robô do m al”, alguém tem que construir um “robô quase m au”, e antes disso, um “robô não tão m au assim ”.

Resum indo, sua filosofia é: “Os robôs estão chegando, m as não precisam os nos preocupar dem ais. Vai ser m uito divertido.” Para ele, a revolução dos robôs é certa, e algum dia as m áquinas irão superar a inteligência hum ana. Só resta saber quando. Mas não há nada a tem er, pois os criadores som os nós. Podem os escolher criá-los para aj udar, e não atrapalhar.

HOMEM E ROBÔ SERÃO UM SÓ?

Se alguém perguntar ao dr. Brooks com o irem os coexistir com robôs superinteligentes, a resposta é direta: vam os nos fundir com eles. Em vista dos avanços na robótica e nas próteses neurais, será possível incorporar a Inteligência Artificial ao nosso corpo.

Brooks observa que, em certo sentido, o processo j á com eçou. Hoje, cerca de

20 m il pessoas têm im plantes cocleares, que lhes dão o dom da audição. Os sons são captados por um m inúsculo receptor que converte as ondas sonoras em sinais elétricos, que são enviados diretam ente para os nervos auditivos no ouvido.

Na Universidade do Sul da Califórnia e em outras, é possível im

plantar um a retina artificial em pacientes cegos. Um método é colocar nos óculos um aparelho de vídeo minúscula que converte as imagens em sinais digitais. Esses sinais são enviados sem fio para um chip colocado na retina do paciente. O chip ativa os nervos da retina, que envia as mensagens do nervo óptico para o lobo occipital. Desse modo, uma pessoa totalmente cega pode enxergar imagens e objetos conhecidos. Outra possibilidade é implantar na própria retina um chip sensível à luz, que envia sinais diretamente para o nervo óptico.

Esse processo dispensa o aparelho externo.

Isso significa também que podemos avançar ainda mais e aprimorar nossos sentidos e capacidades. O implante coclear possibilita ouvir frequências que nunca ouvimos antes. Os óculos infravermelhos já permitem ver o tipo específico de luz que em ambientes quentes no escuro, normalmente invisível para o olho humano. A retina artificial pode aumentar nossa capacidade de ver luz ultravioleta e infravermelha. (As abelhas, por exemplo, veem luz ultravioleta porque se orientam pelo sol para voar até um canteiro de flores.)

Alguns cientistas sonham com o dia em que exoesqueletos terão superpoderes como os das histórias em quadrinhos, com superforça, supersentidos e supercapacidades. Serem os ciborgues, como o Homem de Ferro, um humano com superpoderes e supercapacidades. Isso significa que não precisamos nos preocupar com robôs superinteligentes tomando o poder. Vamos

simplesmente nos fundir com eles.

É claro que isso está num futuro distante. Mas alguns cientistas, frustrados porque os robôs não estão saindo das fábricas para entrar em nossa vida, observam que, se a Mãe Natureza já criou a mente humana, por que não copiar?

Essa estratégia consiste em desmontar o cérebro, neurônio por neurônio, e tornar a montá-lo.

Mas a engenharia reversa exige mais que um grande projeto detalhado para criar um cérebro vivo. Se um cérebro pode ser duplicado até o último neurônio, talvez possam os gravar nossa consciência num computador. Assim, poderiam os deixar para trás nosso corpo mortal. Isso vai além da questão da mente sobre o corpo. É a mente sem corpo.

4. Desde a rendição ao final da Segunda Guerra Mundial, o Japão foi

forçado a se desmilitarizar, e conta hoje apenas com uma Força de Autodefesa. (N. do E.)

Prezo meu corpo, com o todo meu mundo, mas se puder chegar aos 200 anos com um corpo de silício, eu topo.

– DANIEL HILL, COFUNDADOR DA THINKING MACHINES CORP.

11 A ENGENHARIA REVERSA DO CÉREBRO

Em janeiro de 2013, duas notícias bombásticas iriam mudar para sempre o cenário médico e científico. Da noite para o dia, a engenharia reversa do cérebro, antes considerada como uma ideia para ser destrinchada, tornou-se o centro da vaidade e da rivalidade científicas entre as maiores potências econômicas do mundo.

Primeiro, em seu discurso “State of the Union”, o presidente Barack Obama deixou a comunidade científica pasmada ao anunciar que uma verba federal para pesquisas, talvez da ordem de três bilhões de dólares, seria destinada ao Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies Initiative, ou projeto BRAIN. Assim como o Projeto Genoma Humano abriu as portas da

pesquisa genética, o Brain vai promover a investigação do cérebro em nível neural, mapeando os percursos elétricos. Uma vez mapeados, uma série de doenças intratáveis, como o mal de Alzheimer, de Parkinson, esquizofrenia, demência, transtorno bipolar, poderão ser entendidas e, possivelmente, curadas.

Para dar a partida no projeto, foram destinados cem milhões de dólares em 2014.

Quase simultaneamente, a Comissão Europeia anunciou que o Humano Brain Project teria uma verba de 1,19 bilhão de euros para criar uma simulação computacional do cérebro humano. Baseando-se na potência dos maiores supercomputadores do planeta, o Humano Brain Project deve criar uma cópia do cérebro humano feita de transistores e aço.

Os proponentes desses dois projetos enfatizaram os enormes benefícios das empreitadas. O presidente Obama apressou-se a observar que o BRAIN não iria apenas aliviar o sofrimento de milhões de pessoas, mas também gerar novas fontes de lucro. Ele afirmou que, para cada dólar investido no Projeto Genoma Humano, foi gerada uma atividade econômica de 140 dólares. De fato, o Projeto Genoma Humano proporcionou o surgimento de várias indústrias.

Para o contribuinte, o BRAIN, tal com o o Proj eto Genom a, só trará vantagens.

Em bora Obam a não tenha dado detalhes em seu discurso, os cientistas logo se m anifestaram . Os neurologistas disseram que, por um lado, hoj e é possível usar instrum entos delicados para m onitorar a atividade elétrica de um neurônio isolado. Por outro, com aparelhos de IRM é possível m onitorar o com portam ento global de todo o cérebro. O que falta, dizem eles, é o cam po interm ediário, onde ocorre a atividade cerebral m ais interessante. Nesse cam po interm ediário, que envolve os percursos de m ilhares, e até m ilhões, de neurônios, há enorm es lacunas em nosso conhecim ento sobre o com portam ento e as doenças m entais.

Para lidar com esse grande problem a, os cientistas lançaram um program a experim ental de 15 anos de pesquisas. Nos prim eiros cinco anos, os neurologistas esperam m onitorar a atividade elétrica de dezenas de m ilhares de neurônios. As

m etas em curto prazo incluem a reconstrução da atividade elétrica de partes im portantes do cérebro anim al, com o a m edula da m osca drosófila e as células ganglionares da retina de um ratinho (que tem 50 m il neurônios).

Dentro de dez anos, esse núm ero deve chegar a centenas de m ilhares de neurônios. Deve incluir o m apeam ento do cérebro inteiro da drosófila (135 m il neurônios) e do córtex do m usaranho pigm eu, o m enor m am ífero conhecido, com m ilhões de neurônios.

Por fim , dentro de 15 anos será possível m onitorar m ilhões de neurônios, o que corresponde ao cérebro do peixe-zebra, ou ao neocórtex inteiro de um

cam undongo. Isso pode abrir cam inho para o m apeam ento de partes do cérebro de prim atas.

Enquanto isso, na Europa, o Hum an Brain Proj ect adota um ponto de vista diferente para lidar com o problem a. Num período de dez anos, eles usarão supercom putadores para sim ular o funcionam ento básico de cérebros de diversos anim ais, com eçando com ratos, até chegar aos seres hum anos. Em vez de lidar com neurônios isolados, o proj eto usará transistores para im itar seu com portam ento, de m aneira que haverá m ódulos com putacionais agindo com o neocórtex, tálam o, e outras partes do cérebro.

No fim das contas, a rivalidade desses dois proj etos gigantescos pode

dar muitos resultados inesperados, desde descobertas para o tratamento de doenças incuráveis até o surgimento de novas indústrias. Há mais uma conquista, não verbalizada. Se algum dia for possível simular um cérebro humano, o cérebro poderá se tornar imortal? Significa que a consciência pode existir fora do corpo?

Esses projetos ambiciosos trazem à luz questões muito espinhosas, teológicas e metafísicas.

CONSTRUINDO UM CÉREBRO

Assim como muitas outras crianças, eu gostava de desmontar relógios, peça por peça, tentando ver como todas se encaixavam de novo. Eu registrava

mentalmente cada peça, vendo como uma engrenagem se encaixava na outra, até desmontar todo o relógio. Entendi que a mente fazia girar a engrenagem principal, que punha em ação uma sequência de engrenagens menores, que faziam mover os ponteiros.

Hoje, em escala muito maior, cientistas da computação e neurologistas tentam desmontar um objeto infinitamente mais complexo, o mais sofisticado que temos no universo: o cérebro humano. E ainda por cima querem tornar a montá-lo, neurônio por neurônio.

Devido aos rápidos avanços nas áreas da automação, robótica, nanotecnologia

e neurociência, a engenharia reversa do cérebro humano já não é mais uma especulação inútil, tem apenas de conversas animadas depois do jantar. Nos Estados Unidos e na Europa, bilhões de dólares serão investidos em projetos que já foram considerados absurdos. Hoje, um pequeno grupo de cientistas visionários dedica sua vida profissional a um projeto que talvez eles não vivam para ver realizado. Amanhã, esse grupo poderá ser tão grande quanto um exército, generosamente financiado pelos Estados Unidos e por nações da Europa.

Se tiverem sucesso, esses cientistas poderão alterar o curso da história humana.

Além de desenvolver terapias e descobrir a cura das doenças mentais, poderão revelar o segredo da consciência, e talvez gravá-la num computador.

É um projeto assustador. O cérebro humano é constituído por mais

bilhões de neurônios, aproximadamente o número de estrelas que constituem a Via Láctea. Cada neurônio está conectado a talvez 10 mil outros, o que perfaz um total de 10 milhões de bilhões de conexões possíveis (e isso nem chega a contemplar o número de percursos existentes nesse emaranhado de neurônios). O

número de “pensamentos” que um cérebro humano pode conceber é astronômico, muito além da compreensão humana.

No entanto, isso não impede que um pequeno grupo de cientistas intensamente dedicados se disponha a tentar reconstruir o cérebro a partir do zero. Um provérbio chinês diz que “Uma viagem de mil quilômetros começa com o primeiro passo”. Esse primeiro passo já foi dado pelos cientistas que decodificaram o neurônio por neurônio, o sistema nervoso de um verme e nem atódeo. Essa minúscula criatura, chamada *C. elegans*, tem 302 neurônios e 7

mil sinapses, todas devidamente registradas. Um esquema completo de seu sistema nervoso pode ser encontrado na internet. (Até hoje é o único organismo vivo cuja estrutura neural foi totalmente decodificada.)

A princípio, pensava-se que a engenharia reversa completa desse organismo simplesmente abriria as portas para o cérebro humano. Ocorreu exatamente o oposto.

Embora os neurônios de um nem atódeo sejam finitos em número, a rede é tão complexa e sofisticada que os cientistas levaram anos para entender fatos simples sobre o comportamento desse verme, e com o quais percursos são responsáveis por quais comportamentos. Ao ver que até esse humilde verme e nem atódeo escapava ao entendimento, os cientistas foram obrigados a

reconhecer a enorme complexidade do cérebro humano.

TRÊS ABORDAGENS DO CÉREBRO

Tendo em vista a complexidade do cérebro, há pelo menos três maneiras distintas

de desmontá-lo neurônio por neurônio. A primeira é simplesmente eletronicamente o cérebro com supercomputadores, que é a abordagem adotada pelos europeus. A segunda é mapear os percursos

neurais do cérebro vivo, com o no proj eto Brain.

(Este procedimento pode ser subdividido, dependendo de com o os neurônios são analisados – ou anatomicamente, neurônio por neurônio, ou por função e atividade.) Na terceira, que é uma abordagem introduzida pelo bilionário Paul Allen, da Microsoft, são decifrados os genes que controlam o desenvolvimento do cérebro.

A primeira abordagem, usando transistores e computadores para simular o órgão, está avançando com a engenharia reversa de cérebros de animais, na seguinte sequência: camundongo, rato, coelho e gato. Assim os europeus estão seguindo o caminho da evolução, começando com cérebros mais simples e prosseguindo para os mais complexos. Para um cientista da computação, a solução está na potência computacional pura – quanto mais, melhor. Isso significa usar os maiores computadores do mundo para decifrar os cérebros de ratos e humanos.

O primeiro alvo é o cérebro de um camundongo, que tem um milhão de vezes o tamanho do cérebro humano e contém cerca de 100 milhões de neurônios. O

processo de pensamento no cérebro de um rato está sendo analisado pelo computador Blue Gene da IBM, no Lawrence Livermore National Laboratory, na Califórnia, onde estão alguns dos maiores computadores do mundo, usados para projetar ogivas de hidrogênio para o Pentágono. Essa quantidade colossal de transistores, chips e fios contém 147.456 processadores, com incríveis 150 milhões de gigabytes de memória. (Um computador doméstico com um único

processador e alguns gigabytes de memória.)

O progresso tem sido lento, mas constante. Em vez de fazer modelos do cérebro inteiro, os cientistas tentam duplicar apenas as conexões entre o córtex e o tálamo, onde se concentra muita atividade cerebral (isso significa que faltam as conexões sensoriais com o mundo externo nessa simulação).

Em 2006, o dr. Dharmendra Modha, da IBM, usou 512 processadores para

fazer uma simulação parcial do cérebro de um camundongo. Em 2007, sua equipe simulou o cérebro do rato usando 2.048 processadores. Em 2009, o cérebro de um gato, com 1,6 bilhão de neurônios e nove trilhões de conexões, foi simulado com 24.576 processadores.

Hoje, usando a potência total do computador Blue Gene, os cientistas da IBM

já simularam 4,5% dos neurônios e sinapses do cérebro humano. Para dar início a uma simulação parcial do cérebro humano, são necessários 880 mil

processadores, o que pode ser possível em 2020.

Tive a oportunidade de filmar o Blue Gene. Para chegar ao laboratório, passei por vários postos de segurança, pois é o principal laboratório de armas do país. E

só depois desse processo, entrei numa sala imensa, climatizada, onde está o Blue

Gene.

A máquina é realmente magnífica. Consiste em vários computadores com enormes gabinetes pretos cheios de botões e luzes piscando, cada um com 2,5

metros de altura e cerca de 4,5 metros de comprimento. Enquanto andava entre os gabinetes que compõem o Blue Gene, eu me perguntava que operações eles estariam fazendo naquele momento. Muito provavelmente, estavam fazendo a modelagem do interior de um próton, ou calculando poços para o decaimento do plutônio, simulando a colisão de dois buracos negros ou o pensamento de um camundongo, tudo ao mesmo tempo.

Então me disseram que até aquele supercomputador estava sendo substituído pela nova geração, o Blue Gene/Q Sequoia, que levará a computação a um novo patamar. Em junho de 2012, ele estabeleceu o recorde mundial de velocidade para supercomputadores. Na velocidade de pico, ele realiza operações a 20.1

PFLOPS (ou 20.1 trilhões de operações de ponto flutuante por segundo). Ele cobre uma área de 280 metros quadrados e consome energia elétrica da ordem de 7,9 megawatts, o suficiente para iluminar uma cidade pequena.

Mas toda essa enorme potência concentrada num único computador não basta para competir com o cérebro humano?

Infelizmente, não.

As simulações por computador só tentam duplicar as interações do córtex com o tálamo. Partes enormes do cérebro ficam de fora. O dr. Modha entende a enormidade desse projeto. Suas ambiciosas pesquisas o levaram a estimar o quanto seria necessário para criar um modelo prático do cérebro humano inteiro, não apenas um a versão parcial ou simplificada, mas um modelo completo, com todas as partes do neocórtex e as conexões com os sentidos. Ele prevê a necessidade não de um único Blue Gene, mas de milhares deles, ocupando não só uma sala, mas um quarteirão inteiro. O altíssimo consumo de energia exige uma usina nuclear de milhares de megawatts para fornecer a eletricidade. E depois, para que esse computador monstruoso não derreta, é preciso desviar um rio para resfriar seus circuitos.

É incrível pensar que é preciso um computador gigantesco, quase do tamanho de uma cidade, para simular um pedaço de tecido humano que pesa menos de um quilo e meio, cabe dentro do crânio, só aumenta a temperatura do corpo em poucos graus, consome 20 watts de energia, e só precisa de alguns hambúrgueres para continuar funcionando.

CONSTRUINDO UM CÉREBRO

Talvez o cientista mais ambicioso que aderiu a esse projeto seja o dr. Henry

Markram, da École Polytechnique Fédérale de Lausanne, na Suíça. Ele é a força motriz do Human Brain Project – que recebeu financiamento de milhares de um bilhão de dólares da Comissão Europeia – e passou os últimos dezessete anos tentando decodificar as conexões neurais. Ele também usa o computador Blue Gene na engenharia reversa do cérebro. No momento, a conta do Human Brain Project já está em 140 milhões de dólares, e isso representa apenas uma fração da potência computacional necessária na próxima década.

O dr. Markram acredita que este já não é mais um projeto da ciência, mas um empreendimento de engenharia, que exige muito dinheiro. Ele disse: “Para construir tudo isso – supercomputadores, softwares, pesquisa – precisamos de aproximadamente um bilhão de dólares. Não é tão caro, se considerarmos que o gasto global com as doenças do cérebro irão ultrapassar 20% do produto mundial bruto muito em breve.” Para ele, um bilhão de dólares não é nada, é uma ninharia em comparação com as centenas de bilhões gastos com o mal de Alzheimer, Parkinson, e outras mazelas de aposentados.

Para o dr. Markram, o resultado será proporcional à verba. Se o projeto tiver dinheiro suficiente, o cérebro surgirá. Agora que ele conseguiu a cobiçada verba da Comissão Europeia, seu sonho poderá se tornar realidade.

Ele tem uma resposta pronta quando lhe perguntam se o contribuinte vai ser com o pensamento por esse investimento de um bilhão, dando três razões para levar adiante essa pesquisa solitária e cara. Primeiro, “se quisermos conviver em sociedade, é essencial entender o cérebro humano, e penso que esse é um passo crucial na evolução. A segunda razão é que não podemos continuar fazendo experimentos com animais para sempre. (...) É como a arca de Noé. É como um arquivo. E a terceira razão é que há dois bilhões de pessoas no planeta vítimas de doença mental”.

Para ele, é um absurdo sabermos tão pouco sobre doenças mentais, que causam tanto sofrimento a milhões de pessoas: “Não há uma única doença neurológica hoje em que se saiba o que está funcionando mal nos circuitos — qual o percurso, qual a sinapse, qual neurônio, qual receptor. Isso é revoltante.”

A princípio, pode parecer impossível completar esse projeto, com tantos neurônios e tantas conexões. Parece uma trabalheira em vão. Mas os cientistas acham que têm um âs na manga.

O genoma humano consiste em aproximadamente 23 milhões de genes e, no entanto, dá um jeito de criar o cérebro, que consiste em 100 bilhões de neurônios. Parece uma impossibilidade imediata criar o cérebro com esses genes, mas assim acontece cada vez que um embrião é gerado. Com tantas informações podem caber numa coisa tão pequena?

A resposta do dr. Markram é que a natureza usa atalhos. O ponto dessa

abordagem é que, quando a Mãe Natureza encontra um modelo bom, certos módulos de neurônios são repetidos muitas e muitas vezes. Quando olhamos

fatias do cérebro num microscópio, a princípio só vemos os mesmos emaranhados aleatórios de neurônios, mas, examinando melhor, aparecem padrões de módulos repetidos inúmeras vezes.

De fato, na arquitetura, os módulos é que possibilitam levantar grandes arranha-céus com tanta rapidez. Uma vez projetado um único módulo, é possível repeti-lo indefinidamente numa linha de

ontagem . Depois, basta em pilhá-los, pôr um em cim a do outro rapidam ente, para levantar um arranha-céu. Quando toda a papelada está em ordem , em poucos m eses fica pronto um prédio de apartam entos construído com m ódulos.

A chave do proj eto Blue Brain do dr. Markram é a “coluna neocortical”, um m ódulo que se repete m uitas vezes no cérebro. Nos hum anos, cada coluna tem cerca de dois m ilím etros de altura com diâm etro de m eio m ilím etro, e contém 60 m il neurônios (com o ponto de com paração, cada m ódulo neural de um rato contém apenas 10 m il neurônios). Levou dez anos, de 1995 a 2005, para o dr.

Markram m apear os neurônios num a coluna dessas e entender com o ela

funciona. Depois que decifrou, ele foi à IBM para criar repetições m aciças dessas colunas.

Ele é um eterno otim ista. Em 2009, num a conferência do TED (Tecnologia, Entretenim ento e Design), ele declarou que conseguiria finalizar o proj eto em dez anos. (É m ais provável que sej a um a versão sim plificada do cérebro hum ano, sem as conexões dos lobos e dos sentidos.) Mas ele afirm a que “se fizerm os um a construção correta, ele vai falar, ter inteligência e se com portar com o um hum ano”.

Markram é um defensor entusiasm ado de seu trabalho. Tem resposta para tudo. Aos críticos que o acusam de estar adentrando um território proibido, ele responde: “Com o cientistas, não precisam os ter m edo da verdade. Precisam os entender nosso cérebro. É natural as pessoas pensarem que o cérebro é sagrado, que não devem os m exer nele porque pode ser que os segredos da alm a estejam guardados lá. Mas, francam ente, acho que, se o planeta todo entendesse com o o cérebro funciona, m uitos problem as seriam resolvidos. Porque então as pessoas entenderiam com o os conflitos, reações e m al-entendidos são triviais, determ inistas e controlados.”

Em resposta à crítica final, de que ele está “brincando de Deus”, Markram diz:

“Acho que estam os longe de brincar de Deus. Deus criou todo o universo. Nós só estam os tentando construir um m odelinho.”

É REALMENTE UM CÉREBRO?

Em bora esses cientistas afirm em que a sim ulação com putadorizada

com ece a

atingir a capacidade do cérebro humano por volta de 2020, a questão principal é: Quão realista é essa simulação? A simulação do cérebro de um gato, por exemplo, pode caçar um rato? Ou brincar com uma bolinha de lã?

A resposta é não. Essas simulações tentam se equiparar à capacidade de ativação dos neurônios no cérebro do gato, mas elas não conseguem duplicar o modo de ligação entre as regiões do cérebro. A simulação da IBM cobre apenas o sistema talamocortical (isto é, o canal que conecta o tálamo ao córtex). O sistema não tem um corpo físico, consequentemente, não tem as complexas interações entre o cérebro e o ambiente. Não tem lobo parietal, desse modo, não tem conexões sensoriais e motoras com o mundo externo. E mesmo dentro do sistema talamocortical, as conexões básicas não reproduzem o processo de pensamento do gato.

Não têm ciclos de feedback, nem circuitos de memória para caçar a presa ou encontrar um parceiro para acasalar. O cérebro computacionalizado do gato é uma folha em branco, desprovida de memória e de instintos. Em outras palavras, não pode caçar um rato.

Portanto, ainda que seja possível simular o cérebro humano por volta de 2020, não poderemos ter uma conversa trivial com ele. Não tendo o lobo parietal, será como uma folha em branco, sem sensações, desprovido de qualquer

conhecimento sobre si mesmo, outras pessoas e sobre o mundo à sua volta. Sem o lobo parietal, não será capaz de falar. Sem o sistema límbico, não terá emoções. De fato, terá apenas aptidão cerebral que um bebê recém-nascido.

O desafio de conectar o cérebro ao mundo das sensações, emoções, linguagem e cultura está apenas começando.

ABORDAGEM POR SEGMENTAÇÃO

Outra abordagem, aprovada pelo governo de Barack Obama, é o método direto dos neurônios. Em vez de usar transistores, os próprios percursos neurais do cérebro são analisados. E há vários competidores.

Um procedimento dessa abordagem consiste em identificar fisicamente cada neurônio e cada sinapse (esse processo geralmente destrói

os neurônios exam inados). Cham a-se abordagem anatôm ica. Um a alternativa é decifrar os cam inhos trilhados pelos sinais elétricos entre os neurônios quando o cérebro está executando determ inadas funções. Esta últim a, que privilegia a identificação de percursos neurais no cérebro vivo, parece ser preferida pelo governo de Obam a.

A abordagem anatôm ica im plica separar as células do cérebro de um anim al, neurônio por neurônio, por um m étodo de segm entação e análise de correlações.

Assim , toda a com plexidade do am biente, o corpo, as lem branças j á estão codificados no m odelo. Em vez de tentar fazer um cérebro hum ano reunindo

um a enorm e quantidade de transistores, esses cientistas querem identificar cada neurônio no cérebro. Depois, talvez cada neurônio possa ser sim ulado por um conj unto de transistores de m odo a produzir um a réplica exata e com pleta do cérebro hum ano, com m em ória, personalidade e conexão com os sentidos. Após a engenharia reversa total do cérebro de alguém , será possível conversar norm alm ente com essa pessoa, que terá lem branças e personalidade.

Esse proj eto não requer nenhum a novidade da física. O dr. Gerry Rubin, do Howard Hughes Medical Institute, usando um instrum ento sem elhante a um a m áquina de cortar frios, j á fatiou o cérebro de um a m oscadas-frutas. Não é fácil, pois o cérebro desse inseto tem apenas 300 m icrôm etros de espessura, um pontinho de nada em com paração com o órgão hum ano. O cérebro da m oscadas-frutas contém aproxim adam ente 150 m il neurônios. Cada fatia, da espessura de 50 bilionésim os de m etro, é fotografada m eticulosam ente com um

m icroscópio eletrônico, e as im agens são enviadas ao com putador. Depois, um program a tenta reconstruir as conexões, neurônio por neurônio. Nesse ritm o, o dr.

Rubin levará vinte anos para identificar todos os neurônios do cérebro da m oscadas-frutas.

Essa lentidão deve-se, em parte, à tecnologia fotográfica atual, pois um m icroscópio de varredura padrão opera a cerca de 10 m ilhões de pixels por segundo (isso é aproxim adam ente um terço da resolução de um a tela de TV por segundo). A m eta é ter um a m áquina de im agem capaz de processar 10 bilhões de pixels por segundo, o que seria um recorde m undial.

Arm azenar os dados que saem do m icroscópio tam bém é um

problem a.

Quando o projeto desenvolver mais velocidade, Rubin espera fazer varreduras de um milhão de gigabytes de dados por dia em uma única oscada-frutas, armazenando-os numa quantidade de discos rígidos capaz de encher uma sala.

Para compilar, com cada oscada-frutas ligeiramente diferente, ele terá que mapear centenas de cérebros a fim de conseguir uma aproximação exata de um deles.

Tomando por base o trabalho com cérebros dessas oscas, quanto tempo levará para fatiar o cérebro humano? “Daqui a cem anos eu gostaria de saber como funciona a consciência humana. A meta de dez ou vinte anos é entender o cérebro da osca-da-fruta”, ele disse.

Este método pode ser acelerado por várias técnicas avançadas. Uma

possibilidade é usar um dispositivo automatizado para que o tedioso processo de fatiar e analisar cada fragmento seja realizado pela máquina. Isso reduziria muito o tempo do projeto. A automação, por exemplo, diminuiu bastante o custo do Projeto Genoma Humano (que apesar de orçado em três bilhões de dólares, foi concluído antes do prazo e abaixo do orçamento, o que é inédito em Washington). Outro método é usar uma grande variedade de tinturas para marcar diferentes neurônios e percursos, o que facilita vê-los. É uma abordagem

alternativa é criar um microscópio automatizado que possa fazer varreduras extremamente detalhadas dos neurônios, uma uma .

Dado que um mapeamento completo do cérebro e de todos os sentidos levará uns cem anos, esses cientistas se sentem mais ou menos como os arquitetos medievais que projetaram as catedrais europeias, sabendo que caberia a seus netos terminar a construção.

Além da construção de um mapa anatômico do cérebro, neurônio por

neurônio, há um trabalho paralelo chamado “Projeto Conectoma Humano”, que usa as varreduras do cérebro para reconstruir os percursos conectando as várias regiões cerebrais.

PROJETO CONECTOMA HUMANO

Em 2010, o National Institutes of Health anunciou que destinaria trinta milhões de dólares, distribuídos ao longo de cinco anos, a um consórcio de universidades (inclusive a Universidade de Washington em Saint Louis e a Universidade de Minnesota), e 8,5 milhões distribuídos em três anos a um consórcio liderado pela Universidade de Harvard, pelo Massachusetts General Hospital e pela UCLA.

Esse financiamento de curto prazo certamente não permite que os pesquisadores cheguem a um resultado completo, abrangendo o cérebro inteiro, mas o objetivo foi dar início às pesquisas.

Muito provavelmente, esse trabalho será incorporado pelo projeto BRAIN, o que vai acelerar imensamente os progressos. A meta é produzir um mapa neuronal dos percursos cerebrais, a fim de esclarecer transtornos mentais como o autismo e a esquizofrenia. Um dos líderes do Projeto Conectoma Humano, o dr.

Sebastian Seung, diz: “Os pesquisadores acreditam que os neurônios em si são saudáveis, e que talvez só haja anomalias nas conexões. Mas até agora não tinham os meios a tecnologia para testar essa hipótese.” Se essas doenças são realmente causadas por más conexões, o Projeto Conectoma Humano pode nos dar pistas valiosas quanto a tratamentos.

Ao considerar o objetivo final de reunir imagens do cérebro inteiro, às vezes o dr. Seung perde a esperança de concluir o projeto. “No século XVII, o

matemático e filósofo Blaise Pascal escreveu sobre seu pavor do infinito, o sentimento de insignificância ao contemplar a vastidão do espaço sideral. Com o cientista, não devo falar de meus sentimentos. (...) Tenho curiosidade, fico maravilhado, mas às vezes também sinto desespero”, disse. Mas ele e outros persistem, mesmo sabendo que o projeto levará gerações para ser concluído.

Não lhes faltam motivos para ter esperanças, pois algum dia microscópios automatizados tirarão fotos ininterruptamente, e máquinas com Inteligência

Artificial irão analisá-las 24 horas por dia. Hoje, porém, somente a produção de imagens de todo o cérebro humano com microscópios eletrônicos com um consumo iria um zettabyte de dados, o que é

equivalente a todos os dados do mundo inteiro com pilados na internet.

O dr. Seung até convida o público a participar desse grande projeto visitando o site Ey eWire, onde qualquer um pode ver um mapa de percursos neurais e colori-los (respeitando seus limites). É com o um livro de colorir virtual, com imagens verdadeiras de neurônios da retina gravadas por um microscópio eletrônico.

O ATLAS ALLEN DO CÉREBRO HUMANO

Por fim, há um mapa da terceira forma de mapeamento cerebral. Em vez de analisar o cérebro por meio de simulações computadorizadas ou da identificação de todos os percursos neurais, outra abordagem recebeu a generosa verba de cem

milhões de dólares do bilionário Paul Allen, da Microsoft. A meta era construir um mapa, ou atlas, do cérebro de um rato, com ênfase na identificação dos genes responsáveis pela criação do cérebro.

Espera-se que o entendimento da expressão dos genes no cérebro ajude a entender o autismo, o mal de Parkinson, de Alzheimer, e outros transtornos.

Com o um grande número de genes de ratos são encontrados nos humanos, é possível que os resultados nos deem um mapa visão mais aprofundada do cérebro humano.

Essa súbita afluência de verba levou o projeto a uma conclusão em 2006, e seus resultados estão disponíveis na internet. O Atlas Allen do Cérebro Humano foi um projeto com planejamento anunciado pouco depois, com o objetivo de criar um mapa anatômico e genético com o plano do cérebro humano em 3D. Em 2011, o Instituto Allen anunciou que tinha mapeado a bioquímica de dois cérebros humanos, encontrando muitos locais anatômicos com cem milhões de pontos de dados, detalhando como os genes se expressam na bioquímica subjacente do cérebro. O estudo confirmou que 82% de nossos genes estão expressos no cérebro.

“Até então, simplesmente não existia um mapa definitivo do cérebro humano com esse nível de detalhe”, disse o dr. Allen Jones, do Instituto Allen. “O Atlas Allen do Cérebro Humano oferece imagens já mais vistas do mapa com plexo e mais importante dos nossos órgãos.”

OBJEÇÕES À ENGENHARIA REVERSA

Os cientistas que dedicaram a vida à engenharia reversa do cérebro sabem que têm décadas de muito trabalho pela frente. Mas também conhecem as

aplicações práticas de seu trabalho. Sabem que mesmo os resultados parciais ajudarão a decodificar os mistérios das doenças mentais que sempre afligiram a humanidade.

Os céticos, porém, podem alegar que após a conclusão dessa tarefa árdua teremos um amontanhado de dados e nenhum entendimento de como se encaixam.

Por exemplo: imagine um homem de Neandertal encontrando um diagrama como o do computador Blue Gene da IBM. Todos os detalhes, até o último transistor, estão no mesmo diagrama, com milhares de retângulos quadrados de papel. Esse homem de Neandertal pode ter uma vaga noção de que aquilo é o segredo de uma máquina superpoderosa, mas aquela massa de dados técnicos não significa nada para ele.

Da mesma forma, há o receio de que, após bilhões de dólares gastos para decifrar a localização de cada neurônio no cérebro, não sejam os capazes de entender o que aquilo tudo significa. Pode levar muitas décadas de trabalho árduo para vermos como o todo funciona.

Por exemplo: o Projeto Genoma Humano foi um sucesso tremendo

sequenciamento de todos os genes que compõem o genoma humano, mas também uma grande decepção para quem esperava a cura imediata de doenças genéticas. O

Projeto Genoma Humano é um dicionário gigantesco, com 23 milhões de verbetes, mas nenhuma definição. São páginas e páginas inócuas, embora a “ortografia” de cada gene seja perfeita. O projeto de fato rompeu uma barreira, mas ao mesmo tempo é apenas o primeiro passo numa longa jornada para entender o que os genes fazem e como eles interagem.

Da mesma forma, ter um mapa como o do cérebro com todos os neurônios e conexões neurais no cérebro não garante entendermos o que os neurônios fazem e como reagem. A engenharia reversa é a parte fácil. Depois, vem a parte difícil – compreender todos os dados.

O FUTURO

Suponham os que, finalm ente, o m om ento tenha chegado. Com m uita festa, os cientistas anunciam que realizaram a engenharia reversa do cérebro hum ano inteiro.

E aí?

Um a aplicação im ediata é encontrar as origens de certas doenças m entais.

Acredita-se que m uitas doenças m entais não são causadas pela destruição dos neurônios, m as por um a sim ples conexão defeituosa. Pense em doenças

genéticas causadas por um a sim ples m utação, com o a doença de Huntington, de Tay -Sachs, ou a fibrose cística. Dentre três bilhões de pares de bases, um único errinho (ou repetição) pode causar m ovimentos involuntários dos m em bros e convulsões, com o na doença de Huntington. Ainda que o genom a estej a

99,9999999% correto, um a falha m ínim a pode invalidar a sequência inteira. É

por isso que a terapia dos genes considera essas sim ples m utações com o possíveis doenças genéticas que podem ser curadas.

Do m esm o m odo, após a engenharia reversa do cérebro, será possível fazer sim ulações, rom pendo intencionalm ente algum as conexões para verificar se provocam certas doenças. Uns poucos neurônios podem ser responsáveis por transtornos graves de cognição. Um a função da engenharia reversa pode

localizar esse pequeno grupo de neurônios m al ativados.

Um exem plo é o delírio de Capgras, no qual o paciente pode ver a própria m ãe, m as achar que se trata de um a im postora. Segundo o dr. V. S.

Ram achandran, esse transtorno raro pode ser causado por m á conexão entre duas partes do cérebro. O giro fusiform e, no lobo tem poral, é responsável pelo reconhecim ento do rosto da m ãe, e a am ídala é responsável pela reação em ocional ao ver a m ãe. Quando esses dois centros estão desconectados, o indivíduo reconhece

perfeitam ente o rosto da mãe, mas, com o não há reação emocional, acha que ela é uma mãe postora.

Outra aplicação da engenharia reversa do cérebro é localizar exatamente o grupo de neurônios que está falhando. A estimulação cerebral profunda, com o qual se envolve o uso de sondas minúsculas para estimular uma parte minúscula do cérebro, com a área 25 de Brodmann, no caso de certas formas graves de depressão. Com o auxílio da engenharia reversa é possível saber exatamente onde os neurônios estão falhando, mesmo o que isso envolva apenas um pequeno grupo deles.

A engenharia reversa do cérebro pode ser de grande ajuda também para a Inteligência Artificial. A visão e o reconhecimento de rostos são tarefas muito fáceis para o cérebro, mas ainda escapam aos métodos avançados com computadores.

Por exemplo: os computadores podem reconhecer com exatidão de 95%, ou mais, um rosto que faça parte de um pequeno banco de dados, mas, se o mesmo rosto for mostrado em ângulos diferentes, ou se não estiver no banco de dados, o computador provavelmente não vai reconhecer. Nós podemos reconhecer rostos familiares, por diversos ângulos, em um décimo de segundo. É tão fácil para o cérebro que nem percebemos o que estamos fazendo. A engenharia reversa pode revelar o mistério de como isso é feito.

Mais complicadas são as doenças que envolvem falhas cerebrais múltiplas, com a esquizofrenia. Esse distúrbio abrange diversos genes, além de interações com o ambiente, o que, por sua vez, provoca uma atividade anormal em várias áreas do cérebro. Mas, mesmo nesses casos, a engenharia reversa pode apontar

exatamente onde certos sintomas (por exemplo, alucinações) são formados, o que pode talvez indicar um caminho para a cura.

A engenharia reversa do cérebro poderia também solucionar problemas

básicos, mas não resolvidos, com o modo de armazenamento da memória de longo prazo. Sabe-se que certas partes do cérebro, com o hipocampo e a amígdala, armazenam memória, mas não se sabe como a memória é distribuída pelos vários córtices e depois reorganizada para criar uma memória clara.

Quando a engenharia reversa do cérebro for plenamente funcional, virá o momento de ligar todos os circuitos para ver se respondem

com o um hum ano (isto é, se passam no teste de Turing). Com o a m em ória de longo prazo j á está codificada nos neurônios que passaram pela engenharia reversa, deve ser fácil verificar rapidamente se o cérebro pode responder de modo indistinguível ao de um hum ano.

Por fim , há um im pacto da engenharia reversa no cérebro que raramente é mencionado, mas está na mente de muitos: a imortalidade. Se a consciência pode ser transferida para um computador, isso significa que não morreremos?

Especulação não é perda de tempo. Ela abre os caminhos entre os galhos secos do atagal da dedução.

– ELIZABETH PETERS

Somos uma civilização científica. (...) Isso significa uma civilização em que o conhecimento e sua integridade são cruciais. Ciência não é nada mais que uma palavra que vem do latim e quer dizer conhecimento. (...)

Conhecimento é o nosso destino.

– JACOB BRONOWSKI

12 O FUTURO: A MENTE ALÉM DA MATÉRIA

A consciência pode existir por si mesma, livre das restrições do corpo físico?

Podem os deixar nosso corpo e, com os espíritos, vagar por esse parque de diversões chamado universo?

Isso foi explorado em *Jornada nas estrelas*, quando o capitão Kirk, da nave Enterprise, encontra uma raça super-humana, quase um milhão de anos mais avançada que a Federação dos Planetas. São tão avançados que há muito tempo abandonaram seus frágeis corpos e agora habitam globos pulsantes de pura energia. Há ilênios que não têm sensações inebriantes, com o respirar ar fresco, tocar a mão de alguém , ou receber carinho físico. O líder, Sargon, dá boas-vindas à Enterprise em seu planeta. O capitão Kirk aceita o convite, ciente de que aquela civilização poderia desintegrar sua nave instantaneamente, se quisesse.

Mas a tripulação não sabe que aqueles superseres têm uma fraqueza fatal.

Apesar de toda a tecnologia que possuem , estão há centenas de milhares de anos privados do corpo físico. Sendo assim , sentem falta das sensações físicas e querem voltar a ser humanos.

Um desses superseres é o meu e está decidido a se apossar do corpo físico de um humano da tripulação. Ele quer viver com o humano, ainda que isso destrua a mente do dono do corpo. A entidade mental se apossa do corpo de Spock e

desencadeia uma batalha com a tripulação no deque da Enterprise.

Os cientistas se perguntam : Existe uma lei da física contra a existência da mente fora do corpo? Mais especificam, se a mente humana é um aparelho que cria continuamente modelos de mundo e o simulacro no futuro, é possível produzir um humano capaz de simular todo esse processo?

Já mencionamos a possibilidade de termos nosso corpo colocado num casulo, como no filme *Substitutos*, enquanto controlamos a mente em um robô. O

problema aqui é que nosso corpo natural vai continuar definhando, enquanto nossos substitutos, robôs, continuarão existindo. Cientistas sérios estão considerando a possibilidade de transferir a mente para um robô, e nos tornarmos seres imortais. E quem não gostaria de ter a chance de viver para sempre? Como disse Woody Allen: “Não quero viver para sempre por meio da minha obra. Quero viver para sempre sem morrer.”

Milhões de pessoas afirmam que é possível a mente sair do corpo. De fato, muitos alegam ter conseguido.

EXPERIÊNCIAS FORA DO CORPO

A ideia de uma mente fora do corpo é talvez uma de nossas crenças mais antigas,

integrada em mitos, folclore, sonhos, e talvez até nos genes. Toda sociedade tem histórias de espíritos e demônios que entram e saem do corpo humano quando bem entendem .

Infelizmente, muitos inocentes foram perseguidos para que os demônios que supostamente habitavam seu corpo fossem exorcizados. Eles provavelmente sofriam de alguma doença mental, como a esquizofrenia, em que a pessoa é atormentada por vozes geradas no próprio cérebro. Os historiadores acreditam que uma das bruxas

enforcadas em Salém, em 1692, provavelmente tinha uma doença genética rara, chamada mal de Huntington, que causa agitação

incontrolável dos membros.

Hoje, algumas pessoas afirmam ter entrado num estado de transe em que a consciência deixa o corpo e vagueia pelo espaço, capaz até de ver o próprio corpo de longe. Num a enquete com 13 mil europeus, 5,8% afirmaram ter tido uma experiência fora do corpo. Entrevistas com pessoas nos Estados Unidos apresentam números similares. O ganhador do Prêmio Nobel de Física Richard Feynman, sem prever a respeito de novos fenômenos, certa vez se enfiou num tanque de isolamento, com total privação sensorial, para tentar sair do corpo físico. E conseguiu. Depois relatou que saiu do corpo, vagou pelo espaço, e viu o próprio corpo inerte. No entanto, mais tarde ele concluiu que o episódio provavelmente foi obra de sua imaginação devido à privação sensorial.

Neurologistas que estudaram esse fenômeno têm uma explicação mais

prosaica. Na Suíça, o dr. Olaf Blanke e seus colegas podem ter identificado no cérebro o local exato que gera as experiências fora do corpo. Um paciente, de 43 anos, sofria de convulsões que se originavam no lobo tem poral direito.

Colocaram uma touca com 100 eletrodos sobre a sua cabeça para localizar a região responsável pelas convulsões. Quando os eletrodos estimularam a área entre os lobos parietal e tem poral, ela imediatamente teve a sensação de sair do corpo. “Eu me vejo de cima, deitada na cama, mas só vejo as pernas e a parte de baixo do tronco!”, exclamou. Ela sentiu estar flutuando dois metros acima do corpo.

Quando os eletrodos foram desligados, a sensação desapareceu

instantaneamente. O dr. Blanke concluiu que podia ligar e desligar a sensação de estar fora do corpo, com o um interruptor de luz, estimulando repetidamente essa área cerebral. Com o vimos no capítulo 9, lesões epilépticas no lobo tem poral podem induzir o sentimento de que há espíritos mais por trás de qualquer infelicidade, de modo que o conceito do espírito saindo do corpo pode ser parte da nossa constituição neural.

Isso explicaria também a presença de seres sobrenaturais. Quando o dr. Blanke analisou um paciente de 22 anos que sofria de convulsões intratáveis, concluiu que, ao estimular a área tem poroparietal, podia

induzir a sensação de que havia um a presença sinistra atrás dela. A paciente conseguia descrever em detalhes

essa pessoa, que chegou até a agarrar seus braços. A posição do vulto m udava a cada aparição, m as sem pre surgia atrás dela.

Acredito que a consciência humana é o processo de formar e continuar um modelo do mundo, a fim de simular o futuro e atingir um objetivo. O cérebro recebe sensações principalmente dos olhos e do ouvido interno para criar um modelo de onde nos situamos no espaço. No entanto, quando os sinais dos olhos e dos ouvidos entram em contradição, o cérebro fica confuso quanto à localização.

Geralmente, tem os náuseas e vomitam os. Por exemplo: muitos sentem enjoo a bordo de um navio porque seus olhos, fixos nas paredes da cabine, lhes dizem que estão parados, enquanto a orelha interna lhes diz que estão balançando. A incongruência dos sinais provoca náusea. O remédio é olhar para o horizonte, pois assim a imagem visual é compatível com os sinais da orelha interna. (Essa mesma sensação de náusea pode ser induzida até mesmo se estivermos parados.

Se você ficar olhando para uma lata de lixo girando, pintada com listras coloridas verticais, as listras parecem se mover horizontalmente, dando a sensação de que você está se movendo, mas sua orelha interna diz que você está parado. A incongruência faz com que a pessoa vomite, mesmo se estiver sentada numa cadeira.)

As mensagens dos olhos e do ouvido interno podem também ser distorcidas eletricamente, na fronteira entre os lobos temporal e parietal, e essa é a origem da experiência fora do corpo. Quando essa área tão sensível é tocada, o cérebro fica confuso a respeito de sua localização no espaço. (Vale notar que uma perda temporal de sangue, de oxigênio, ou excesso de dióxido de carbono na corrente sanguínea também podem causar uma interrupção na região temporal-parietal e induzir experiências fora do corpo. Talvez isso possa explicar a prevalência de tais sensações em casos de acidentes, emergências, infartos etc.)

EXPERIÊNCIAS DE QUASE MORTE

Talvez a categoria mais intensa de experiências fora do corpo esteja nas histórias de indivíduos que foram declarados mortos e, misteriosamente, recobram a consciência. De 6% a 12% de sobreviventes de ataques cardíacos relatam ter tido a experiência de

quase m orte. É com o se tivessem enganado a m orte. Em entrevistas, eles contam um a história dram ática da m esm a experiência: saíram do corpo e foram flutuando em direção a um a luz brilhante no fim de um longo túnel.

A m ídia se valeu desses relatos para gerar inúm eros best-sellers e

docum entários de TV dedicados a essas histórias espetaculares.

Muitas teorias estranhas foram propostas para explicar a experiência de quase m orte. Num a

enquete com duas m il pessoas, 42% disseram acreditar que tal experiência é um a prova do contato com o m undo espiritual que existe além da m orte. (Alguns acreditam que o corpo libera endorfinas — narcóticos naturais — antes de m orrer.

Isso pode explicar a euforia que as pessoas sentem , m as não o túnel e a luz brilhante.) Carl Sagan chegou a especular que a experiência de quase m orte seria um reviver do traum a do nascim ento. O fato desses indivíduos relatarem sem pre a m esm a experiência não confirm a necessariam ente que tocaram na vida após a m orte. Na verdade, parece indicar a ocorrência de algum evento neurológico profundo.

Neurologistas que exam inaram seriam ente esse fenô m eno suspeitam que o m otivo pode ser a dim inuição do fluxo de sangue no cérebro, que acom panha frequentem ente esses casos, e que tam bém ocorre em desm aios. O dr. Thom as Lem pert, neurologista da Castle Park Clinic, em Berlim , conduziu um a série de experim entos, provocando desm aios em 42 indivíduos em condições controladas de laboratório. Destes, 60% tiveram alucinações visuais (por exem plo, luzes brilhantes e m anchas coloridas), 47% disseram ter entrado em outro m undo, 20%

afirm aram ter encontrado um ser sobrenatural, 17% viram um a luz brilhante, e 8% viram um túnel. Portanto, o desm aio pode induzir as sensações que as pessoas têm em experiências de quase m orte. Mas, com o isso acontece?

A explicação para um desm aio sim ular a experiência de quase m orte pode ser form ulada a partir de um a análise de experiências com pilotos das Forças Arm adas. A Força Aérea dos Estados Unidos, por exem plo, cham ou o

neurofisiologista dr. Edward Lam bert para analisar pilotos m ilitares que desm aiaram quando expostos a valores altos de força g (por exem

plo, ao executar um a curva m uito acentuada num j ato, ou subindo depois de m ergulhar m uito baixo). [5] O dr. Lam bert colocou os pilotos num a ultracentrífuga na May o Clinic, em Rochester, Minnesota, que girava até atingir um a grande aceleração.

Passados 15 segundos, o sangue foi drenado do cérebro e os pilotos ficaram inconscientes.

O dr. Lam bert concluiu que depois de cinco segundos de aceleração o fluxo de sangue nos olhos dos pilotos dim inuí, e a visão periférica se estreitava, criando a im agem de um longo túnel. Isso explicaria o túnel visto por pessoas que tiveram experiência de quase m orte. Se a visão periférica é apagada, só se vê um longo túnel à frente. Com o o dr. Lam bert era capaz de aj ustar a velocidade da centrífuga, percebeu que poderia m anter os pilotos naquele estado

indefinidam ente, dem onstrando que a visão do túnel é causada pela falta de fluxo sanguíneo na periferia dos olhos.

A CONSCIÊNCIA PODE SAIR DO CORPO?

Alguns cientistas que investigaram as experiências de quase m orte e de sair do corpo estão convencidos de que elas são subproduto do próprio cérebro quando colocado em condições estressantes e suas conexões ficam confusas. Contudo, outros cientistas acreditam que daqui a décadas, quando nossa tecnologia estiver avançada o suficiente, a consciência poderá realm ente sair do corpo. Alguns m étodos, controversos, foram sugeridos.

Um m étodo foi lançado pelo inventor e futurista dr. Ray Kurzweil, que acredita que a consciência poderá um dia ser gravada num supercom putador. Certa vez, fizem os um a apresentação num a conferência e ele m e falou que sua fascinação por com putadores e Inteligência Artificial com eçou aos 5 anos de idade, quando seus pais com pravam todo tipo de brinquedos e aparelhinhos autom áticos. Ele adorava m ontar e desm ontar aqueles brinquedos e, j á criança, sabia que estava destinado a ser um inventor. Fez doutorado no MIT, sob orientação do dr. Marvin Minsky, um dos pioneiros da IA. Em seguida, dedicou-se a aplicar a tecnologia de reconhecim ento de padrões em instrum entos m usicais e m áquinas de

transposição de texto para som . Sua pesquisa sobre IA nessas áreas lhe rendeu um a série de em presas. (Aos 20 anos ele j á tinha vendido sua prim eira em presa.) Seu leitor óptico, que reconhece e converte texto em som , foi anunciado com o um auxílio para cegos, chegando

a ser mencionado por Walter Cronkite no noticiário da noite.

Ele me disse que para ter sucesso com o inventor é preciso estar sempre além da curva, prever as mudanças, e não apenas reagir a elas. De fato, o dr. Kurzweil adora fazer previsões, e muitas delas espelham o crescimento exponencial da tecnologia digital. Ele fez as seguintes previsões:

Em 2019, um microcomputador de mil dólares terá a potência computacional de um cérebro humano – 20 milhões de bilhões de cálculos por segundo. (Esse número foi obtido tomando-se os 100 bilhões de neurônios do cérebro multiplicados por mil conexões por neurônio e 200 cálculos por segundo, por conexão.)

Em 2029, um microcomputador de mil dólares será mil vezes mais potente que o cérebro humano; a engenharia reversa do próprio cérebro humano terá êxito.

Em 2055, mil dólares em potência computacional serão iguais à potência de processamento conjunto de todos os humanos do planeta.

(Modestamente, ele acrescentou: “Posso estar errando por um ano ou dois.”)

Para Kurzweil, o ano de 2045 será, particularmente, muito importante, pois ele

acredita que a “singularidade” estará estabelecida. As máquinas terão superado os humanos em inteligência, criando novas gerações de robôs mais inteligentes do que elas. Ainda segundo o dr. Kurzweil, dado que esse processo pode continuar indefinidamente, haverá um aumento constante na potência das máquinas. Nesse cenário, será melhor nos fundirmos com nossas criações, ou pelo menos não atrapalhar. (Embora essas datas estejam num futuro distante, ele me disse que quer viver para ver o dia em que os humanos finalmente serão imortais, ou seja, ele quer viver o bastante para viver para sempre.)

pre.)

Com o sabem os, a partir da Lei de Moore, em determinado ponto a potência computacional não vai mais conseguir avançar criando transistores cada vez menores. Na opinião de Kurzweil, a única maneira de continuar expandindo a potência computacional será aumentando o tamanho das máquinas, o que levará os robôs a devorar todos os minerais da Terra para alimentar sua potência cada vez maior. Quando o planeta tiver se tornado um computador gigante, os robôs poderão ser obrigados a explorar o espaço sideral em busca de novas fontes de potência computacional. Podem chegar a consumir a energia de estrelas inteiras.

Uma vez perguntei a ele se esse crescimento cósmico dos computadores poderia alterar o próprio cosmos. Ele respondeu que sim. Contou que às vezes fica contemplando o céu à noite, imaginando se em algum planeta distante seres inteligentes já atingiram a singularidade. Se sim, talvez tenham deixado nas estrelas alguma marca visível a olho nu.

Uma limitação, disse ele, é a velocidade da luz. Se as máquinas não conseguirem romper essa barreira, o crescimento exponencial da potência vai esbarrar num teto. Quando isso acontecer, talvez as próprias leis da física sejam alteradas.

Quem faz previsões com tanta exatidão e extensão naturalmente atrai críticas com o um para-raios, mas ele não se abala. As pessoas podem

resmungar, contestando essa ou aquela previsão porque Kurzweil errou alguns prazos, mas ele está mais interessado no desenvolvimento de ideias que preveem o crescimento exponencial da tecnologia. Na verdade, muitas pessoas que entrevistei na área da IA concordam que alguma forma de singularidade irá acontecer, mas discordam quanto às datas e desdobramentos. Por exemplo: Bill Gates, cofundador da Microsoft, acredita que nenhum contêiner poráneo viverá para ver o dia em que os computadores serão inteligentes o suficiente para se passar por humanos. Kevin Kelly, editor da revista *Wired*, disse: “As pessoas que preveem um futuro muito utópico, sem preverem que acontecerá antes de morrerem.”

Na verdade, um dos muitos objetivos de Kurzweil é trazer seu pai de volta à vida. Ou melhor, ele deseja criar uma simulação realista. Há várias possibilidades, mas todas são altamente especulativas.

Kurzweil propõe que talvez o DNA de seu pai possa ser extraído (do túmulo, de

parentes, ou de materiais orgânicos que ele tenha deixado). Contendo mais ou menos 23 milhões de genes, o DNA seria um diagrama completo para recriar o corpo e produzir um clone do indivíduo.

Certamente, é uma possibilidade. Uma vez perguntei ao dr. Robert Lanza, da Advanced Cell Technology, como ele conseguiu trazer “de volta à vida” uma criatura morta há muito tempo, o que fez história. Ele me disse que o zoológico de San Diego lhe pediu para criar um clone de um banteng, um animal parecido com um boi, que tinha morrido vinte e cinco anos antes. Foi difícil extrair uma célula válida para criar um clone, mas ele conseguiu. Depois enviou a célula por correio expresso para uma fazenda e a célula foi imediatamente plantada numa vaca, que deu à luz o animal. Quanto a nenhum primata ter sido ainda clonado, muito menos um humano, Lanza acha que é um problema técnico, e que é apenas uma questão de tempo para que consigam clonar um ser humano.

Mas essa é a parte fácil. O clone será geneticamente equivalente ao original, mas sem a memória. Lembranças artificiais podem ser gravadas no cérebro do clone com os métodos avançados descritos no capítulo 5, com a inserção de sondas no hipocampo, ou a criação de um hipocampo artificial, mas o pai de Kurzweil morreu há muito tempo, e é impossível fazer uma gravação. O melhor que se pode fazer é juntar fragmentos de todos os dados históricos da pessoa, entrevistando quem lembra de fatos relevantes, acessando suas transações de cartão de crédito etc., e inserindo as informações no programa.

Um método mais prático de inserir a personalidade e memória de alguém é criar um grande arquivo de dados contendo todas as informações conhecidas sobre os hábitos e a vida da pessoa. Por exemplo: hoje é possível guardar todos os e-mails, transações com cartões de crédito, anotações, agendamentos, diários eletrônicos e história de vida num único arquivo, que pode criar uma imagem exata de quem você é. O arquivo representará sua “assinatura digital”, contendo todo o conhecimento sobre você. E pode ser muito inócuo e íntimo, mostrando quais são seus vinhos preferidos, com o que você passou as férias, que sabonete você usa, seu cantor predileto, e muito mais.

Utilizando um questionário, é possível ter uma noção aproximada da personalidade do pai de Kurzweil. Amigos, parentes e colegas

poderiam

responder ao extenso questionário sobre a personalidade dele, se era tímido, curioso, honesto, trabalhador etc., atribuindo graus a cada traço de personalidade (por exemplo, “10” para muito honesto). Isso criaria uma lista com centenas de números, cada um atribuindo um valor a um traço específico. Quando todos esses números são comparados, um programa de computador usa as informações para dar um resultado aproximado do comportamento dele em situações hipotéticas. Digamos que você esteja dando uma palestra e seja confrontado por algum mal-educado. O programa de computador pode pesquisar os números e prever um dentre vários comportamentos possíveis (por exemplo, você pode

ignorar o desbocado, xingar de volta, partir para a briga). Em outras palavras, a personalidade básica do pai de Kurzweil seria reduzida a uma longa lista de números, de 1 a 10, usados pelo computador para prever como ele reagiria em diversas situações.

O resultado seria um vasto programa de computador que responderia a

situações mais ou menos como a pessoa em questão, usando as mesmas expressões verbais, com as mesmas peculiaridades e idiossincrasias, tudo ajustado levando em conta as lembranças sobre a pessoa.

Outra possibilidade é abandonar o processo de clonagem e criar um robô parecido com o original. Basta inserir esse programa num sistema mecânico que fala com o indivíduo original, com o mesmo sotaque, os mesmos maneirismos, e faz os mesmos movimentos. E acrescentar expressões recorrentes dele (por exemplo, “entendeu?”) também seria fácil.

Naturalmente, com a tecnologia que temos hoje seria óbvio perceber que se trata de um robô. No entanto, nas próximas décadas será possível se aproximar cada vez mais do original, até que fique bom o suficiente para enganar os desavisados.

Isso levanta uma questão filosófica. Essa “pessoa” será mesmo igual à original? A original continua morta, de modo que o clone ou robô é, no sentido exato, um impostor. Um gravador, por exemplo, pode reproduzir uma conversa com total fidelidade, mas certamente o gravador não é a pessoa original. Um clone ou robô que se comporte exatamente como o original pode ser um substituto válido?

IMORTALIDADE

Esses métodos têm sido criticados porque o processo não grava realisticamente a personalidade e a memória verdadeiras. Um método mais confiável de colocar a mente na máquina é por meio do Projeto Conectoma Humano, discutido no capítulo anterior, que pretende duplicar, neurônio por neurônio, todos os percursos celulares do cérebro. Todas as memórias brancas e esquisitices da

personalidade estão inseridas no conectoma.

O dr. Sebastian Seung, do Projeto Conectoma, observa que há quem pague 100

mil dólares ou mais para manter o cérebro congelado em nitrogênio líquido.

Certos animais, com os peixes e sapos, podem passar o inverno congelados num bloco de gelo e continuar perfeitamente saudáveis na primavera, quando descongelam. Isso porque eles usam a glicose para alterar o ponto de

congelamento da água no sangue. Assim, o sangue permanece líquido, mesmo com o bicho preso num bloco de gelo. No corpo humano, porém, essa alta

concentração de glicose provavelmente seria fatal; portanto, congelar um cérebro humano em nitrogênio líquido é um procedimento duvidoso, porque a expansão dos cristais de gelo vai romper a parede celular de dentro para fora (e também, quando as células cerebrais morrem, são invadidas por íons de cálcio, causando a expansão delas até o rompimento). De qualquer forma, é muito provável que as células cerebrais não sobrevivam ao processo de congelamento.

Em vez de congelar o corpo e romper as células, um método mais confiável para obter a imortalidade talvez seja a cópia do conectoma da pessoa. Nesse caso, o médico terá todas as conexões neurais do paciente num disco rígido.

Basicamente, a alma fica num disco, reduzida a informações. No futuro, alguém será capaz de ressuscitar o conectoma e, em princípio, usar um clone ou um monte de transistores para trazer a pessoa de volta à vida.

O Projeto Conectoma, com o dissemos, ainda está longe de poder gravar as conexões neurais humanas. Mas, como diz o dr. Seung, “Devem os ridicularizar os pesquisadores da imortalidade, chamando-os de tolos? Ou algum dia eles irão rir no nosso túmulo?”

DOENÇA MENTAL E IMORTALIDADE

A imortalidade pode ter suas desvantagens. Os cérebros eletrônicos construídos até agora contêm apenas as conexões entre o córtex e o tálamo. O cérebro gerado por engenharia reversa, não tendo corpo, pode sofrer de isolamento sensorial e até manifestar sinais de doença mental, como os prisioneiros confinados na solitária. Talvez o preço de se criar um cérebro imortal, com engenharia reversa, seja a loucura.

Cobaias humanas colocadas em câmaras de isolamento, privadas de qualquer contato com o mundo externo, acabam alucinando. Em 2008, a BBC exibiu um programa científico chamado *Total Isolation*, em que foram monitorados seis voluntários confinados num bunker nuclear, sozinhos e em completa escuridão.

Passados dois dias, três deles começaram a ver e ouvir coisas — cobras, carros, zebras e outras. Quando foram libertados, os médicos constataram que todos eles tinham sofrido deterioração mental. A mulher de um deles teve uma queda de 36%. Pode-se imaginar que, após semanas ou meses, a melhoria teria

enlouquecido.

Para manter a sanidade de um cérebro construído por engenharia reversa, será essencial conectá-lo a sensores que recebam sinais do ambiente exterior, que ele tenha a possibilidade de ver e ter sensações do mundo externo. Mas então surge outro problema: o cérebro pode se sentir como uma aberração grotesca, uma cobaia esdrúxula à mercê de um experimento científico. Com o cérebro

sem a memória e a personalidade do humano original, anseia por contato humano. Mas, espiando lá dentro da memória de um supercomputador, com seu emaranhado de eletrodos e fios pendurados, o cérebro de engenharia reversa seria repulsivo para qualquer humano. Seria impossível se afeiçoar a ele. Os amigos lhe dariam as costas.

O PRINCÍPIO DO HOMEM DAS CAVERNAS

Nesse ponto, surge o que chamamos de Princípio do Homem das

Cavernas. Por que tantas previsões razoáveis falham ? E por que alguém *não* quereria viver para sem pre dentro de um com putador?

O Princípio do Hom em das Cavernas é o seguinte: podendo escolher entre contato tecnológico e contato pessoal, sem pre optam os pelo pessoal. Por exem plo: se puderm os escolher entre ganhar ingressos para um show ao vivo do nosso cantor predileto ou um CD do m esm o cantor, o que escolhem os? Ou, se puderm os escolher entre ganhar um a passagem de avião para visitar o Taj Mahal ou um a belíssim a foto do palácio, o que vam os preferir? É m ais que provável escolherm os os ingressos para o show e a passagem de avião.

Isso acontece porque herdamos a consciência de nossos ancestrais m acacos. É

provável que algo de nossa personalidade básica não tenha m udado m uito nos últim os 100 m il anos, quando os prim eiros hum anos surgiram na África. Grande parte da nossa consciência é dedicada a m anter um a boa aparência e a tentar im pressionar nossos am igos e os m em bros do sexo oposto.

O m ais provável é que, dada nossa consciência básica sem elhante à dos m acacos, só irem os nos fundir com com putadores se eles fizerem m elhorias, m as não substituírem totalm ente nosso corpo atual.

O Princípio do Hom em das Cavernas deve explicar por que algumas previsões razoáveis sobre o futuro não se m aterializaram , com o o “escritório sem papel”.

Os com putadores deveriam extinguir o papel nos escritórios, m as, ironicam ente, até criaram m ais papéis. Isso porque descendem os de caçadores, que precisam

“provar que m ataram , m ostrando a caça” (isto é, confiam os na evidência concreta, não em elétrons efêreros dançando num com putador e que som em quando o desligam os). Da m esm a form a, a “cidade sem gente”, onde os habitantes usariam a realidade virtual para participar de reuniões em vez de ter que sair de casa, não se m aterializou. Ir e vir nas cidades está cada vez m ais com plicado. Por quê? Porque som os anim ais sociais, que gostam de conviver com outros. A videoconferência, apesar de m uito útil, não capta todo o espectro de inform ações sutis oferecidas pela linguagem corporal. Se um chefe quer investigar um problem a da equipe, por exem plo, ele quer ver os subordinados

trem endo e suando para responder ao interrogatório. Só se pode fazer

isso pessoal em ente.

O HOMEM DAS CAVERNAS E A NEUROCIÊNCIA

Quando criança, li a trilogia *Fundação*, de Isaac Asimov, que me influenciou profundamente. Primeiro, me obrigou a formular uma pergunta simples: Com o ser a tecnologia daqui a 50 milhões de anos, quando houver um império galáctico? E ao longo do livro, tive que me perguntar: Por que os humanos têm a mesma aparência e idade da mesma maneira que hoje? Eu achava que dali a milhares de anos, certamente os humanos teriam corpos de ciborgue com capacidade super-humana. Teriam largado seus corpos insignificantes milhões atrás.

Encontrei duas respostas. Primeiro, Asimov queria conquistar um público jovem, então criou personagens com quem esse público se identificasse, inclusive com todas as falhas deles. Segundo, talvez as pessoas no futuro tivessem a opção de ter um corpo com superpoderes, mas preferissem parecer normais na maior parte do tempo. Isso porque a mente delas não mudou desde o surgimento dos seres humanos, e a aceitação dos outros e do sexo oposto ainda determinava sua aparência e o que desejavam da vida.

Agora, vamos aplicar o Princípio do Homem das Cavernas à neurociência do futuro. Significa, no mínimo, que qualquer modificação da forma humana básica teria que ser quase invisível externamente. Não querem os parecer saídos de cenas de filmes de ficção científica, com eletrodos e fios pendurados na cabeça.

Os implantes cerebrais para inserir memórias ou desenvolver a inteligência só serão adotados se, com a nanotecnologia, surgirem sondas e sensores

microscópicos invisíveis a olho nu. No futuro, será possível produzir nanofibras, feitas talvez de nanotubos de carbono com uma molécula de espessura, capazes de atingir os neurônios com precisão cirúrgica e aprimorar as capacidades mentais sem interferir na aparência.

Enquanto isso, se precisarmos estar conectados a um supercomputador para fazer o *upload* de informações, não queremos ficar presos a um cabo enfiado na coluna, como em *Matrix*. A conexão deve ser sem fio, para que possam acessar grandes quantidades de potência com putacional apenas localizando mentalmente o servidor mais próximo.

Hoje temos os implantes cocleares e retinas artificiais que conferem os

dons da audição e da visão a pacientes, mas, no futuro, nossos sentidos serão aprimorados pela nanotecnologia, preservando nossa forma humana básica. Por exemplo: podem os ter a opção de melhorar os músculos via modificação genética ou exoesqueletos. Haverá também lojas de corpo humano, onde poderão os

encomendar peças de reposição quando as antigas estiverem gastas, mas esses e outros aprimoramentos do corpo devem evitar a perda da forma humana.

Outra maneira de aplicar essa tecnologia conforme o Princípio do Homem das Cavernas é usá-la com a opção, e não com o modo permanente de vida.

Podem os preferir a opção de nos conectar à tecnologia e desconectar pouco depois. Cientistas podem querer potencializar a inteligência para resolver um problema particularmente difícil, e depois tirar o capacete ou os implantes e ir cuidar de outras coisas. Assim não precisam os aparecer com os soldadinhos espaciais na frente de nossos amigos. O objetivo é que nada disso seja feito por obrigação. Precisam os ter a opção de usufruir dos benefícios da nova tecnologia sem os vexar e de parecerem bobos.

Nos séculos que estão por vir, é provável que nosso corpo seja muito semelhante ao que temos hoje, exceto que será aperfeiçoado e terá maiores poderes. O fato de nossa consciência ser dominada por desejos e anseios antigos é um vestígio do nosso passado similesco.

Mas e a imortalidade? Com os vivos, um cérebro gerado por engenharia

reversa, com todas as idiosincrasias do indivíduo original, acabará ficando louco se colocado dentro de um computador. Além disso, conectar esse cérebro a sensores externos para ter as sensações do ambiente é criar um monstro grotesco. Uma solução parcial é conectá-lo a um exoesqueleto. Se o

exoesqueleto age com o substituto, o cérebro da engenharia reversa pode ter sensações com o toque e visão, sem a aparência grotesca. Depois, quando for criado o exoesqueleto sem fio, poderá agir com o humano, mas será controlado pelo cérebro da engenharia reversa “vivo” dentro do computador.

Esse substituto terá o melhor dos dois mundos. Sendo um exoesqueleto, ele será perfeito. Possuirá superpoderes. Conectado sem

fio ao cérebro criado pela engenharia reversa dentro de um grande computador, ele será imortal. E com o poder de sentir o ambiente e ser bonito com o mesmo ano verdadeiro, não terá grandes problemas na interação com outros humanos, já que muitos também já terão optado pelo mesmo procedimento. Assim, o verdadeiro conectado fica num supercomputador fixo, enquanto sua consciência se manifesta no belo corpo ambulante de um substituto.

Tudo isso exige um nível de tecnologia muito além da que temos hoje.

Entretanto, em vista da rapidez dos progressos científicos, pode-se tornar realidade antes do fim do século.

TRANSFERÊNCIA GRADUAL

Hoje, o processo de engenharia reversa requer a transferência das informações

que estão dentro do cérebro, neurônio por neurônio. O cérebro tem que ser cortado em fatias muito finas, pois a varredura por IRM ainda não está aperfeiçoada a ponto de identificar com total precisão a arquitetura neural do cérebro vivo. Portanto, até que isso aconteça, a desvantagem óbvia do

procedimento é que precisam os morrer para nos submeter à engenharia reversa.

Com o cérebro degenerando rapidamente após a morte, a preservação tem que ser providenciada imediatamente, o que é muito difícil de se conseguir.

Mas pode haver um meio de atingir a imortalidade sem ter que morrer antes.

Essa ideia foi lançada pelo dr. Hans Moravec, ex-diretor do Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Carnegie Mellon. Quando o entrevistei, ele disse que antevê um futuro distante, quando será possível fazer a engenharia reversa do cérebro com o propósito específico de transferir a mente para um corpo robótico imortal, mesmo com o indivíduo consciente. Se for possível fazer a engenharia reversa de cada neurônio no cérebro, por que não criar uma cópia, feita com transistores, duplicando exatamente o processo de pensamento? Assim não será preciso morrer para viver eternamente. Poderemos ficar conscientes durante todo o processo.

Ele me disse que esse processo tem que ser feito passo a passo. Primeiro, você se deita numa cama ao lado de um robô sem cérebro. Em seguida, um robô-

cirurgião extrai alguns neurônios do seu cérebro e os duplica em alguns transistores situados no robô. Seu cérebro é conectado por fios aos transistores na cabeça vazia do robô. Os neurônios são jogados fora e substituídos pelo circuito de transistores. Com o cérebro ainda está ligado pelos fios aos transistores, continua funcionando normalmente, e você permanece consciente durante o processo. Então o supercirurgião continua removendo os neurônios, sem pre duplicando-os nos transistores do robô. A meio caminho da operação, metade do seu cérebro está vazia. A outra metade está conectada por fios aos transistores da cabeça do robô. Quando todos os neurônios tiverem sido removidos, o indivíduo terá um cérebro-robô que será uma duplicata exata do seu cérebro original, neurônio por neurônio.

Quando o processo chega ao fim, você se levanta da cama e se vê num corpo perfeito. Você tem o corpo e o rosto mais belos do que já mais sonhou, com capacidades e poderes super-humanos. E ainda tem a regalia da imortalidade.

Ao olhar para o corpo original, vê apenas um a carcaça envelhecida e descerebrada.

É claro que essa tecnologia está muito além do nosso tempo. Não podem os nem aplicar engenharia reversa no cérebro humano, quanto mais produzir uma cópia exata feita de transistores. Uma das principais críticas a essa abordagem é que um cérebro transistorizado não cabe dentro de um crânio. Dado o tamanho dos componentes eletrônicos, um cérebro transistorizado deve ser do tamanho de um supercomputador enorme. Nesse sentido, essa proposta remete à anterior,

em que o cérebro de engenharia reversa é armazenado num imenso supercomputador que, por sua vez, controla um substituto. Mas a grande vantagem dessa abordagem é que não será preciso morrer, e continuarem os conscientes durante todo o processo.

Essas possibilidades chegam a dar tontura. Todas parecem ter coerência com as leis da física, mas as barreiras tecnológicas são enormes. Todas as propostas de gravação da consciência num computador requerem uma tecnologia que está num futuro longínquo.

Contudo, uma última proposta para chegar à imortalidade não exige nenhuma engenharia reversa do cérebro. Exige apenas um microscópico “nanorrobô”

capaz de manipular átomos um a um. Então, por que não viver para sempre em nosso corpo natural, só com um “ajuste” periódico para mantê-lo imortal?

O QUE É ENVELHECER?

Essa nova abordagem incorpora a pesquisa mais recente sobre o

envelhecimento. Tradicionalmente, não há consenso entre biólogos sobre a fonte desse processo. Mas na última década, uma teoria foi ganhando maior aceitação, unindo diversas vias de pesquisa sobre a velhice. Basicamente, o envelhecimento é um acúmulo de erros em nível genético e celular. À medida que as células envelhecem, erros vão se acumulando no DNA e acumulam-se nas células, tornando-as vagarosas. As células começam a funcionar mal, a pele vai ficando flácida, os ossos se enfraquecem, os cabelos começam a cair, o sistema imunológico se deteriora. Um dia, morrem os.

As células também contam com mecanismos de correção de erros, mas com o passar do tempo o dispositivo começa a falhar, e o envelhecimento se acelera.

A meta, portanto, é fortalecer os mecanismos naturais de reparo celular, o que pode ser feito pela terapia dos genes e a criação de novas enzimas. Existe, porém, outro meio: o “nanorrobô” montador.

Uma das peças dessa tecnologia futurista é algo chamado “nanorrobô”, uma máquina atômica minúscula que faz o patrulhamento da corrente sanguínea, eliminando células cancerosas, reparando os danos do processo de

envelhecimento e nos mantendo jovens e saudáveis para sempre. A natureza já criou alguns nanorrobôs na forma de células imunes que patrulham o corpo através do sangue. Essas células atacam vírus e corpos estranhos, mas não o processo de envelhecimento.

Se os nanorrobôs puderem reverter os estragos do envelhecimento em nível molecular e celular, a imortalidade estará ao nosso alcance. Nesse cenário, os nanorrobôs são como células imunes, policiais minúsculos patrulhando a corrente

sanguínea. Eles atacam as células cancerosas, neutralizam vírus, elim

inam detritos e m utações. Assim a possibilidade de ser im ortal estará ao alcance usando nosso próprio corpo, sem precisar de robô nem de clone.

NANORROBÔS – REALIDADE OU FANTASIA?

Tenho a filosofia de que se algo é com patível com as leis da física, os únicos im pedim entos para torná-lo realidade são da ordem da engenharia e da econom ia. As barreiras econôm icas e de engenharia são grandes, m as m esm o im praticáveis no m om ento, são transponíveis.

À prim eira vista, o nanorrobô é sim ples: um a m áquina com braços e cortadores que agarram e partem as m oléculas em pontos específicos, e depois as j untam de novo. Cortando e colando vários átom os, o nanorrobô pode criar quase todas as m oléculas conhecidas, com o um m ágico tirando algo da cartola. E

tam bém pode se autorreproduzir: basta construir um único exem plar. Este digere as m atérias-prim as e cria m ilhões de outros nanorrobôs. Isso pode desencadear um a segunda Revolução Industrial, pois o custo do m aterial de construção vai despencar. Talvez um dia todas as casas tenham seu próprio m ontador m olecular, e será possível ter tudo o que quiser. Basta pedir a ele.

Mas a questão principal é: os nanorrobôs são coerentes com as leis da física?

Em 2001, dois visionários travaram um a briga pública sobre essa questão. O que estava em j ogo era um a concepção de todo o futuro da tecnologia. De um lado, o falecido Richard Sm alley, ganhador do Prêm io Nobel de Quím ica, era cético quanto aos nanorrobôs. Do outro lado estava Eric Drexler, um dos pais da nanotecnologia. A batalha, titânica e interm inável, ocupou páginas de várias revistas científicas de 2001 a 2003.

Sm alley dizia que, em escala atôm ica, surgem novas forças quânticas que tornam im possível a construção de nanorrobôs. O erro de Drexler e de outros, dizia ele, é que o nanorrobô, com braços e cortadores, não pode funcionar em escala atôm ica. Existem novas forças (por exem plo, a força de Casim ir) que fazem os átom os se repelirem ou se atraírem . Ele se referiu a isso com o um problem a de “dedos grossos e grudentos” porque os dedos do nanorrobô não são pinças e chaves delicadas e precisas. Forças quânticas atrapalham ; é com o tentar soldar m etais usando luvas m uito grossas. E cada vez que tentam os j

untar as duas peças de metal, elas se repelem ou grudam na gente; não é possível pegá-las da forma adequada.

Drexler contra-atacou, dizendo que nanorrobôs não são ficção científica, que realmente existiam. Propôs que ele pensasse nos ribossomos do nosso corpo. Tais estruturas são essenciais para criar e fundir as moléculas de DNA; cortam e

juntam moléculas em pontos específicos, o que possibilita a formação de novas cadeias de DNA.

Smalley não se convenceu. Afirmou que os ribossomos não são moléculas que conseguem cortar e colar o que nós quisermos. Eles agem especificamente em moléculas de DNA. Além disso, os ribossomos são feitos de substâncias químicas orgânicas, que precisam de enzimas para acelerar a reação, o que ocorre apenas em ambiente aquoso. E concluiu dizendo que os transistores são feitos de silício, não de água, portanto as enzimas já funcionariam. Drexler rebateu afirmando que catalisadores podem funcionar sem água. A briga continuou acalorada, em vários rounds. No fim, com o comitê de mediadores envolvidos, os dois estavam exaustos. Drexler admitiu que a analogia com cortadores e açaricos era simplista demais, e forças quânticas podiam interferir. E Smalley reconheceu não ter conseguido nocautear o adversário, pois a natureza tinha pelo menos uma forma de solucionar o problema dos “dedos grossos e grudentos”, com

ribossomos, e talvez haja outros meios mais sutis, ainda desconhecidos.

Evitando entrar nos detalhes desse debate, Ray Kurzweil acredita que os nanorrobôs, com ou sem dedos grossos e grudentos, um dia irão moldar não só moléculas, mas a própria sociedade. Ele resumiu sua visão ao dizer: “Não estou planejando morrer. (...) Veja isso, em última análise, com o despertar de todo o universo. Penso que hoje o universo inteiro é feito basicamente de energia e matéria burras, mas que irá despertar. E se despertar transformado nessa energia e matéria de sublim e inteligência, espero fazer parte dele.”

Por mais fantásticas que sejam essas especulações, não passam de um prefácio para a próxima rodada de especulações. Talvez um dia a mente não só estará livre do corpo material, mas também será capaz de explorar o universo, na forma de energia pura. A ideia de que a consciência um dia será livre para vagar pelas estrelas é o sonho máximo. E, por incrível que pareça, está em perfeita conformidade com as leis da física.

5. Força g é um a m edida da aceleração sentida por um a pessoa com o se fosse seu peso. Na superfície da Terra sentim os um a força de 1g, que é o nosso próprio peso. (N. do R.T.)

13 A MENTE COMO ENERGIA PURA

A ideia de que um dia a consciência possa se espalhar pelo universo foi seriam ente considerada por vários físicos. Sir Martin Rees, o Astrônomo Real da Grã-Bretanha, escreveu: “Buracos de minhoca, dimensões extras e

com putadores quânticos abrem cenários especulativos que podem transform ar o universo num ‘cosmos vivo!’”

Mas, a mente algum dia se libertará do corpo material para explorar o universo todo? Esse foi o tema abordado por Isaac Asimov no clássico *A última pergunta* (ele recorda afetuosamente que, de todos os contos de ficção científica que escreveu, esse é seu favorito). No conto, bilhões de anos no futuro, os humanos já tinham deixado o corpo físico em casulos num planeta obscuro, libertando a mente para controlar a energia pura em toda a galáxia. Seus substitutos não eram de aço e silício, mas seres de pura energia que percorriam facilmente todos os confins do espaço, passando por explosões de estrelas, colisões de galáxias, e outras maravilhas do universo. Contudo, por mais poderosa que a humanidade tivesse se tornado, estava impotente diante da morte definitiva do universo, o Grande Congelamento. Desesperados, os humanos construíram um supercomputador que respondesse à pergunta final: A morte do universo pode ser revertida? O computador era tão grande e complexo que precisou ser colocado no hiperespaço, mas só conseguia dizer que os dados eram insuficientes para dar a resposta.

Muitas eras depois, quando as estrelas começaram a escurecer e toda a vida no universo estava à beira da morte, o supercomputador finalmente descobriu um meio de reverter o fim do universo. Ele coletou todas as estrelas mortas do universo, fundiu-as numa gigantesca bola cósmica e a incendiou. Enquanto a bola explodia, o supercomputador anunciou: “Faça-se a luz!”

E fez-se a luz.

Assim a humanidade, liberta do corpo físico, foi capaz de brincar de Deus e criar um novo universo.

Em princípio, o fantástico conto de Asimov, com seres de energia pura vagando pelo universo, parece impossível. Estamos habituados

a pensar em seres de carne e osso, sujeitos às leis da física e da biologia, vivendo e respirando na Terra, presos à gravidade do planeta. O conceito de entidades de energia conscientes vasculhando as galáxias, livres das limitações do corpo material, é muito estranho.

No entanto, o sonho de explorar o universo com o seres de energia pura cabe muito bem nas leis da física. Pense na forma mais conhecida de energia pura, o raio laser, que é capaz de conter grandes quantidades de informação. Hoje, trilhões de sinais, na forma de telefonemas, pacotes de dados, vídeos e mensagens por e-mail são transmitidos continuamente por cabos de fibra óptica

conduzindo raios laser. Um dia, talvez no próximo século, serem os capazes de transmitir a consciência do cérebro através do sistema solar colocando nossos conectores intactos em potentes raios laser. Um século depois disso, poderemos enviar nosso conector às estrelas, viajando num raio laser. Isso é possível porque o comprimento de onda do raio laser é microscópico, isto é, medido em milionésimos de metro, o que significa que podemos imprimir grandes quantidades de informação nesse padrão ondulatório. Pense no Código Morse. Os traços e pontos do código podem ser facilmente superpostos ao padrão de onda do raio laser. E mais informações ainda podem ser transferidas num feixe de raios X, que tem um comprimento de onda maior que um átomo.

Um meio de explorar a galáxia, livre das restrições e do estorvo da matéria, é colocar nosso conector a raios laser direcionados para a Lua, os planetas, e até mesmo para as estrelas. Tendo o programa prioritário para identificar os percursos cerebrais, o conector completo do cérebro humano estará disponível até o fim deste século e, no próximo século, poderemos ter uma forma de conector contida num raio laser.

O raio laser deve conter todas as informações necessárias para reconstituir um ser consciente. Embora possa levar anos, ou mesmo séculos, até que o raio laser chegue ao seu destino, do ponto de vista de quem estiver se deslocando pelo laser, a viagem é instantânea. A consciência ficaria basicamente congelada no raio laser ao atravessar o espaço, de modo que a viagem até o outro lado da galáxia parece se dar num piscar de olhos.

Desse modo, evitam-se todos os inconvenientes de viagens interplanetárias e interestelares. Primeiro, não é preciso construir foguetes de propulsão colossais.

Basta ligar o botão do laser. Segundo, não há poderosas forças g esmagando o corpo na aceleração rumo ao espaço. O indivíduo é lançado imediatamente na velocidade da luz, pois seu estado é imaterial. Terceiro, ele não fica exposto aos perigos do espaço sideral, com o impacto de meteoros e raios cósmicos letais, pois os asteroides e a radiação o atravessam, sem causar danos. Quarto, não é preciso congelar o corpo, nem passar anos de tédio em câmara lenta num foguete convencional. É só zunir pelo espaço na maior velocidade do universo, congelado no tempo.

Ao chegar ao destino, há uma estação de recepção para transferir os dados do raio laser para um computador central, que traz a consciência de volta à vida. O

código imbuído no raio laser assume o controle do computador e o reprograma.

O computador leva o computador central a iniciar o processo de simulação do futuro a fim de alcançar seus objetivos (isto é, se tornar consciente).

O ser consciente no computador central envia sinais sem fio para um corpo robótico substituto que já está à espera no local de destino. Assim, “despertamos”

subitamente num planeta ou estrela distante, dentro do corpo robótico do substituto, como se a viagem tivesse se passado num piscar de olhos. Todos os

cálculos com plexos ocorrem no grande computador central, que direciona os movimentos do substituto para continuar sua missão numa estrela distante. E nem ficam os sabendo dos percalços da viagem espacial; é como se nada tivesse acontecido.

Agora imagine uma grande rede de estações de recepção espalhadas pelo sistema solar e pela galáxia. Desse ponto de vista, pular de estrela em estrela seria fácil, viajando à velocidade da luz, em jornadas instantâneas. Em cada estação há um substituto robótico à espera para entrar em seu corpo, com um quarto vazio de hotel reservado para nós. Chegamos ao destino, descansados e equipados com um corpo super-humano.

O tipo de substituto robótico à nossa espera ao fim da viagem depende da missão. Se for explorar um mundo novo, vai precisar de um corpo para trabalhar em condições adversas. É preciso ser ajustado para um campo gravitacional diferente, atmosferas tóxicas, temperaturas

congelantes ou escaldantes, ciclos de dia e noite diferentes, e um a chuva constante de radiação letal. Para sobreviver a essas condições extremas, o corpo substituto precisa ter superforça e supersentidos.

Se o corpo substituto for apenas para o lazer, deve ser projetado para essas atividades, maximizando o prazer de voar pelo espaço em esquis, pranchas de surfe, parapentes, asas delta, avião, ou de jogar bola no espaço, com bastão, taco ou raquete.

E se tiver a missão de estudar e interagir com povos de outros planetas, o substituto precisa ter as características corporais da população nativa (como no filme *Avatar*).

Para criar uma rede de estações de laser, antes de tudo é preciso viajar para os planetas e estrelas à moda antiga, em naves espaciais convencionais. E só depois será possível construir as primeiras estações de laser.

Talvez o meio mais rápido, barato e eficaz de implantar uma rede interestelar seja a enviar sondas robóticas autorreplicantes para explorar a galáxia. Com essas sondas são capazes de fazer cópias de si mesmas, basta começar com uma delas, e depois de muitas gerações haverá bilhões de sondas cruzando o universo em todas as direções, cada uma criando uma estação de laser onde quer que aterrissem. Discutiremos isso no próximo capítulo.

Quando a rede estiver totalmente instalada, podem os pensar num fluxo contínuo de seres conscientes viajando pela galáxia, com multidões chegando e partindo a todo momento. Uma estação da rede será algo parecido com a Grand Central Station de Nova York.

Por mais futurista que pareça, a física básica desse conceito já está bem estabelecida. É possível colocar grandes quantidades de dados em raios laser, enviar essas informações para milhares de quilômetros de distância e decodificá-

las no ponto de destino. Os principais problemas que essa ideia enfrenta não estão

na física, mas na engenharia. Por isso, talvez só no próximo século seja possível enviar nosso conectoma inteiro em raios laser com potência suficiente para alcançar outros planetas. E pode levar outro século até o laser conduzir nossa mente às estrelas.

Para verificar a viabilidade disso, é necessário fazer alguns cálculos simples e rápidos. O primeiro problema é que os fótons dentro de um raio laser, extremamente finos, em teoria pareçam estar numa formação perfeitamente paralela, divergem ligeiramente no espaço. Quando criança, eu acendia uma lanterna na direção da Lua, perguntando-me se a luz poderia chegar lá. A resposta é sim. A atmosfera absorve mais de 90% do feixe original, deixando um resto que chega à Lua. Mas o verdadeiro problema é que a imagem que a lanterna finalmente projeta na Lua se estende por quilômetros. Isso ocorre devido ao princípio de incerteza; até os raios laser divergem com o tempo. Com isso não podem os saber a localização precisa do raio laser, então, pelas leis da física quântica, ele deve se espalhar lentamente no decorrer do tempo.

Mas levar nosso conectivo até a Lua não é grande vantagem. É muito mais simples e fácil ficar na Terra, controlando o substituto lunar diretamente por rádio. O atraso no envio de ordens para o substituto é de aproximadamente um segundo. A maior vantagem do laser está no controle de substitutos nos planetas, pois uma mensagem por rádio pode levar horas para chegar lá. O processo de enviar uma série de ordens por rádio ao substituto, esperar a resposta, e enviar outra ordem é lento demais, e pode levar dias.

Para enviar raios laser aos planetas, o primeiro passo é estabelecer uma bateria de lasers na Lua, bem acima da atmosfera, onde não tem ar para absorver o sinal. Disparado da Lua, o raio laser pode chegar a um planeta em questão de minutos, ou algumas horas. Quando o laser tiver levado o conectivo ao planeta, será possível controlar diretamente o substituto, sem qualquer demora.

Portanto, a instalação de uma rede de estações de laser ligando o sistema solar pode ser concretizada no próximo século. Os problemas são muito maiores para enviar raios laser às estrelas. É preciso ter estações de retransmissão em asteroides e estações espaciais em todo o caminho para amplificar o sinal, reduzir erros de transmissão, e enviar a mensagem à estação seguinte.

Potencialmente, isso pode ser feito usando os cometas que ficam entre o Sol e as estrelas mais próximas. Por exemplo: aproximadamente a um ano-luz do Sol (um quarto da distância até a estrela mais próxima), estão os cometas da chamada nuvem de Oort. É uma concha esférica de bilhões de cometas, muitos dos quais ficam parados no espaço vazio. Provavelmente, há uma nuvem de cometas semelhante à de Oort em volta das estrelas do sistema Alfa Centauro, que é o vizinho estelar mais perto de nós. Supondo que essa outra

nuvem de Oort esteja também a um ano-luz dessas estrelas, então a metade da distância entre

nosso sistema solar e o próximo sistema solar contém com estas estações, onde podem os construir estações de retransmissão de laser.

Outro problema é a quantidade de dados a ser enviada por raios laser. O total de informações contidas num conectoma, segundo o dr. Sebastian Seung, é por volta de um zetabyte (um zeta é 1 seguido por 21 zeros). É mais ou menos o equivalente ao total de informações contidas hoje na internet. Agora, imagine disparar no espaço vários raios laser carregando essa montanha de informações.

As fibras ópticas podem transmitir terabits de dados por segundo (um *tera* é 1

seguido por 12 zeros). No próximo século, os avanços no armazenamento de informação, com pressão de dados e feixes de raios laser podem aumentar essa eficiência um milhão de vezes. Isso significa que em poucas horas todas as informações contidas num cérebro humano podem cruzar o espaço,

transportadas por raios laser.

Então o problema não se resume à quantidade de dados transmitidos por laser.

Em princípio, os raios laser podem transportar uma quantidade ilimitada de dados. O gargalo fica nas estações de recepção, dos dois lados, que precisam ter mecanismos para manipular essa quantidade de dados a uma velocidade espantosa. Transistores de silício talvez não tenham velocidade suficiente para lidar com esse volume de dados. É preciso ter computadores quânticos, que não usam transistores de silício, mas os átomos, uma única vez. Hoje, os computadores quânticos estão num nível muito primitivo, mas daqui a um século devem ter potência suficiente para lidar com zetabytes de informação.

SERES FLUTUANTES DE ENERGIA

Outra vantagem dos computadores quânticos no processamento dessa imensa quantidade de dados é a possibilidade de criar seres de energia capazes de flutuar pelo ar, com o costume de aparecerem em cenas de ficção científica e fantasia. Esses seres representam a consciência na forma pura. Em princípio, eles parecem violar as leis da física, pois a velocidade da luz é sempre a mesma.

Mas na última década, quem virou manichete foram os físicos da Universidade de Harvard ao anunciar que conseguiram parar completamente um raio de luz.

Aparentemente, eles realizaram o impossível, desacelerando a luz até que ficasse lenta ao ponto de conseguirem engarrafá-la. Prender um raio de luz numa garrafa não é assim tão fantástico, se olharmos atentamente para um copo de água. Quando a luz penetra na água, desacelera, curvando-se quando entra num ângulo inclinado. Da mesma forma, a luz se curva quando penetra no vidro, o que possibilita a existência de microscópios e telescópios. A razão disso é dada pela teoria quântica.

Pense no antigo Pony Express, o serviço de correio do século XIX no Oeste dos Estados Unidos. O cavalo percorria com velocidade a distância entre os postos de entrega. O gargalo era devido à demora nos postos, onde se dava a troca de cavalo, cavaleiro e correspondência. Isso diminuiu consideravelmente a velocidade média do serviço. Da mesma forma, no vácuo entre os átomos, a luz ainda viaja com velocidade c , a velocidade da luz, que é aproximadamente 299.792 quilômetros por segundo. Entretanto, quando atinge os átomos, a luz sofre um atraso, pois é rapidamente absorvida e reemitida, retomando a trajetória numa fração de segundo depois. Essa breve demora é responsável pelos raios de luz, na média, aparentemente diminuírem a velocidade no vidro ou na água.

Os cientistas de Harvard exploraram esse fenômeno, resfriando um recipiente com gás à temperatura de quase zero absoluto. Nessas baixíssimas temperaturas, os átomos absorvem um raio de luz por períodos muito mais longos antes de reemitir-lo. Assim, aumentando o fator de retardo, eles conseguiram desacelerar o raio até que ficasse em repouso. O raio de luz continuava viajando à velocidade da luz entre os átomos de gás, mas passava um tempo

cada vez mais aior sendo absorvido por eles.

Isso abre a possibilidade para que um ser consciente, em vez de controlar um substituto, prefira permanecer na forma de energia pura e viajar pelo espaço, com o um fantasma.

No futuro, quando raios laser com nossos conectores forem enviados às estrelas, um feixe pode ser transferido para uma nuvem de moléculas de gás, e então ser colocado numa garrafa. A “garrafa de luz” é muito semelhante a um computador quântico. Ambos têm um conjunto de átomos vibrando em uníssono, em que os átomos estão em fase uns com os outros. E ambos podem fazer cálculos complexos, muito além da capacidade de um computador normal. Pois bem, se os problemas dos computadores quânticos forem resolvidos, talvez possam ter a capacidade de lidar com “garrafas de luz”.

MAIS RÁPIDO QUE A LUZ?

Com o tempo, todos esses problemas são da área da engenharia. Não há lei da física que impeça de viajar armados num fecho de energia no próximo século, ou depois. Talvez esse seja o melhor meio mais conveniente de visitar planetas e estrelas.

Em vez de pilotar um raio de luz, como sonham os poetas, podemos ser o raio de luz.

Para captar bem a ideia do conto de ficção científica de Asimov, devemos perguntar se a viagem intergaláctica mais rápida que a luz é realmente possível.

No conto, seres deimensos podem se mover livremente entre galáxias

separadas por milhões de anos-luz.

Será possível? Para responder a essa pergunta, temos que empurrar as

fronteiras da física quântica moderna. Basicamente, os chamados “buracos de minhoca” podem ser um atalho na vastidão do espaço e do tempo. E seres de energia pura, e não de matéria, terão uma vantagem decisiva para atravessá-los.

Em certo sentido, Einstein é como um policial de plantão, afirmando que não se pode viajar mais rápido que a luz, que é a maior velocidade possível no universo. Viajar pela nossa galáxia, a Via

Láctea, por exem plo, levaria cem m il anos, m esm o a bordo de um raio laser. Em bora só se passasse um instante para o passageiro, o tem po no planeta nativo teria progredido cem m il anos. E um a viagem entre galáxias levaria de m ilhões a bilhões de anos-luz.

Mas o próprio Einstein deixou um a brecha em sua obra. Na teoria da relatividade geral, de 1915, ele m ostrou que a gravidade surgia da deform ação do espaçotem po. A gravidade não é o “puxão” de um a m isteriosa força invisível, com o pensava Newton, m as um “em purrão” causado pelo próprio espaço, que se curva em torno de um obj eto. Além dessa ideia ser um a explicação brilhante para a luz estelar se curvar ao passar perto das estrelas, e para a expansão do universo, abre a possibilidade de o tecido do espaçotem po ir se esgarçando até rasgar.

Em 1935, Einstein e seu aluno Nathan Rosen introduziram a possibilidade de dois buracos negros se j untarem pelas costas, grudados com o irm ãos siam eses.

Desse m odo, ao cair num buraco negro, seria factível, em princípio, passar para o outro. (Im agine j untar dois funis pelo furo estreito de cada um . A água que esorre por um funil sai pelo outro.) O “buraco de m inhoca”, tam bém cham ado de Ponte de Einstein-Rosen, introduziu a possibilidade de portais, ou passagens, entre universos. O próprio Einstein reconheceu a inviabilidade de passarm os por um buraco negro, pois seriam os esm igalhados nesse processo. Mas vários avanços subsequentes levantaram a possibilidade de um a viagem m ais rápida que a luz, pegando o atalho de um buraco de m inhoca.

Em 1963, o m atem ático Roy Kerr descobriu que um buraco negro girando não colapsa em um sim ples ponto, com o se pensava antes, m as se torna um anel rotatório, tão rápido que as forças centrífugas im pedem seu colapso. Se você cair nesse anel, pode passar para outro universo. As forças gravitacionais são enorm es, m as não infinitas. Com o em *Alice através do espelho*, você passa a m ão pelo espelho e entra num universo paralelo. A borda desse “espelho” é o anel que form a o buraco negro. Desde a descoberta de Kerr, m uitas outras soluções das equações de Einstein m ostram que, em princípio, é possível atravessar universos sem ser esm igalhado instantaneam ente. Com o todos os buracos negros j á vistos no espaço giram em alta velocidade (alguns foram cronometrados a 1,6 m ilhão de quilôm etros por hora), os portais cósm icos talvez sej am com uns.

Em 1988, o físico dr. Kip Thorne, da Cal Tech, e seus colegas m

ostraram que, com “energia negativa” suficiente, pode ser possível estabilizar um buraco negro, de modo que um buraco de minhoca se torne “atravessável” (isto é, pode-se passar por ele em qualquer direção sem ser esmagado). A energia negativa é a substância talvez mais exótica do universo, mas atualmente existe e pode ser criada (em quantidades microscópicas) em laboratório.

Então surge um novo paradigma. Primeiro, uma civilização avançada deve concentrar energia positiva suficiente num único ponto, com parâvel a de um buraco negro, para abrir uma passagem pelo espaço ligando dois pontos distantes.

Segundo, deve acumular energia negativa suficiente para manter o portal aberto, para que se mantenha estável e não se feche no momento em que você entrar.

Agora, vamos pôr essa ideia nas devidas proporções. No fim deste século, deve ser possível reaparear todo o conectivo num ano. Uma rede interplanetária para lasers poderá ser implantada no começo do próximo século, de modo que a consciência possa ser transmitida e atravessar o sistema solar. Não será preciso haver nenhuma nova lei da física. Uma rede de laser capaz de passar pelas estrelas talvez precise esperar até outro século. Mas uma civilização que use livremente buracos de minhoca estará milhares de anos à nossa frente em tecnologia, ampliando as fronteiras da física conhecida.

Tudo isso tem implicações diretas para viabilizar ou não a passagem da consciência por entre universos. Se uma matéria chega perto de um buraco negro, a gravidade fica tão intensa que o corpo vira “espaguete”. A gravidade que incide sobre a perna é maior que a gravidade que puxa a cabeça, e o corpo é esticado por forças de maré. De fato, na proximidade de um buraco negro, os átomos do corpo são esticados até que os elétrons sejam arrancados do núcleo, e os átomos se desintegram.

Para imaginar o poder das forças de maré, pense nas marés da Terra e nos anéis de Saturno. A gravidade da Lua e a do Sol dão um puxão sobre a Terra que faz as águas dos mares subirem alguns metros na maré cheia. E se uma lua chegar perto demais de um planeta enorme e com o Saturno, as forças de maré vão esticar essa lua até dilacerá-la. A distância em que uma lua é dilacerada pelas forças de maré é chamada de limite de Roche. Os anéis de Saturno ficam exatamente no limite de Roche, portanto devem ter sido criados por uma lua que se aproximou demais do planeta-mãe.

Se entrarm os num buraco negro em rotação, m esm o usando a energia

negativa para estabilizá-lo, os cam pos gravitacionais podem ser tão fortes que viram os espaguete.

É aqui que o raio laser tem um a vantagem im portante sobre a m atéria ao passar por um buraco de m inhoca. Com o a luz laser é im aterial, não pode ser esticada por forças de m aré ao passar perto de um buraco negro. Em vez disso, a luz sofre um “desvio para o azul” (isto é, ganha energia e sua frequência

aum enta). Mesm o com o raio laser distorcido, a inform ação contida nele perm anece intacta. Por exem plo: um a m ensagem em código Morse transm itida por raio laser fica com prim ida, m as a inform ação perm anece igual. A inform ação digital é intocada por forças de m aré. Assim , a força gravitacional, fatal para seres feitos de m atéria, é inofensiva para seres viaj ando em raios de luz.

Dessa m aneira, a consciência conduzida por raio laser, por ser im aterial, tem um a vantagem decisiva sobre a m atéria ao passar por um buraco de m inhoca.

Os feixes de laser têm ainda outra vantagem sobre a m atéria. Alguns físicos calcularam que pode ser m ais fácil criar um buraco de m inhoca m icroscópico, talvez do tam anho de um átom o. A m atéria não poderia passar por um buraco tão m inúsculo, m as o laser de raio-X, com com prim ento de onda m enor que um átom o, seria capaz de passar sem dificuldade.

Em bora o genial conto de Asim ov sej a claram ente um a obra da im aginação, ironicam ente, talvez j á exista na galáxia um a rede de estações de laser. No entanto, som os tão prim itivos que nem sabem os disso. Para um a civilização m ilhares de anos à nossa frente, a tecnologia de digitalização de conectom as e envio às estrelas deve ser brincadeira de criança. Nesse caso, é concebível que seres inteligentes j á estejam lançando suas consciências através de um a vasta rede de raios laser pela galáxia. Nem os nossos telescópios e satélites m ais avançados conseguem detectar um a rede intergaláctica dessas.

Carl Sagan lam entava a possibilidade de estarm os cercados de civilizações alienígenas e não term os tecnologia para perceber.

A próxim a questão é: O que se esconde na m ente alienígena?

Se encontrarm os um a civilização tão avançada, que tipo de

consciência ela terá? Um dia, o destino da raça humana pode depender dessa resposta.

Às vezes penso que o sinal mais seguro de que existe vida inteligente em outros lugares do universo é que nunca tentaram fazer contato conosco.

– BILL WATTERSON

Ou existe vida inteligente no espaço, ou não existe. As duas alternativas são assustadoras.

– ARTHUR C. CLARKE

14 A MENTE ALIENÍGENA

Em *A guerra dos mundos*, de H. G. Wells, marcianos atacam a Terra porque seu planeta está morrendo. Armados de raios mortíferos e gigantescas máquinas que andam, eles incineram rapidamente várias cidades e estão prestes a tomar as maiores capitais da Terra. Justamente quando estão esmagando todas as resistências, reduzindo nossa civilização a escombros, eles interrompem misteriosamente a investida. Apesar de todo o avanço de sua ciência e armamentos, eles não levaram em conta o ataque da mais sinistra plúria das criaturas: os germes.

Essa romancete deu origem a todo um gênero que lançou o filme, desde *A invasão dos discos voadores* até *Independence Day*. Muitos cientistas, porém, estremecem ao ver a caracterização dos alienígenas com as criaturas dotadas de valores e emoções humanas. Apesar da pele verde lustrosa e da cabeça enorme, até certo ponto eles ainda se parecem conosco. E geralmente falam inglês com perfeição.

Mas, na opinião de muitos cientistas, nós podemos ter muito mais em comum com uma lagosta ou um caramujo do que com um alienígena vindo do espaço.

Tal como a consciência de silício, é muito mais provável que a consciência alienígena tenha as características gerais descritas em nossa teoria do espacotempo, isto é, a capacidade de criar um modelo do mundo e calcular como irá evoluir no tempo a fim de atingir metas. Mas, enquanto os robôs são

programados para ter laços emocionais com os humanos e metas compatíveis com as nossas, a consciência alienígena pode não ter

nada disso. É mais provável que tenham seus próprios valores e metas, independentes da humana. Só nos resta especular quais seriam .

O físico dr. Freeman Dyson, do Institute for Advanced Study em Princeton, foi consultor no filme *2001: Uma odisseia no espaço*. Quando assistiu ao filme e ficou encantado, não com os espetaculares efeitos especiais, mas porque era o primeiro filme de Hollywood a apresentar uma consciência alienígena com desejos, metas e intenções totalmente diferentes dos nossos. Pela primeira vez, os alienígenas não eram atores humanos circulando com fantasias de monstros cafonas, fingindo ser criaturas ameaçadoras. Em vez disso, foi apresentada uma consciência alienígena totalmente ortogonal à experiência humana, algo inteiramente além do nosso conhecimento.

Em 2011, Stephen Hawking levantou outra questão. O conceituado cosmólogo ganhou as manchetes ao dizer que devemos estar preparados para um possível ataque alienígena. Ele disse que, se algum dia viermos a encontrar outra civilização, será mais avançada que a nossa e, portanto, um perigo mortal para nossa existência.

Basta lembrar o que aconteceu com os astecas na chegada do sanguinário

Hernán Cortés e seu séquito de conquistadores para imaginar o que nos aconteceria num maléfico encontro desses. Armados com uma tecnologia que os astecas, da Idade do Bronze, nunca tinham visto, com o espadas de ferro, pólvora e cavalos, aquele pequeno bando de degoladores esmagou a antiga civilização asteca em questão de meses, em 1521.

Tudo isso traz outras questões: Com o ser a consciência alienígena? Com os seus processos de pensamento e metas diferem dos nossos? O que eles querem ?

PRIMEIRO CONTATO NESTE SÉCULO

Não se trata de uma questão acadêmica. Em vista dos notáveis avanços na astrofísica, é bem possível que realmente consigam os fazer contato com uma inteligência alienígena nas próximas décadas. Nossa reação a tal contato pode determinar um dos eventos mais cruciais da história da humanidade.

Vários avanços têm tornado esse dia possível.

Prim eiro, em 2011, o satélite Kepler, pela prim eira vez na história, deu aos cientistas um “censo” da Via Láctea. Após analisar a luz de milhares de estrelas, o Kepler indicou que em cada duzentas estrelas poderia abrigar um planeta semelhante à Terra, numa zona habitável. Pela primeira vez, podemos calcular quantas estrelas semelhantes à da Terra podem existir na Via Láctea: cerca de um bilhão. Quando olhamos para as estrelas no céu, temos a razão em presumir que alguém lá está olhando para nós.

Até o momento, milhares de exoplanetas foram analisados minuciosamente por telescópios situados na Terra (os astrônomos descobrem um a uma média de dois exoplanetas por semana). Infelizmente, quase todos são do tamanho de Júpiter, provavelmente desprovidos de criaturas parecidas com as nossas, mas há alguns planetas rochosos só algumas vezes maiores que a Terra, as “superTerras”. O

satélite Kepler já identificou cerca de 2.500 possíveis exoplanetas, alguns deles muito parecidos com a Terra. Tais planetas estão a uma distância da estrela mãe propícia à existência de oceanos líquidos. E a água líquida é o “solvente universal”, que dissolve a maioria das substâncias químicas orgânicas, como o DNA e as proteínas.

Em 2013, cientistas da Nasa anunciaram a descoberta mais espetacular com o Kepler: dois exoplanetas quase iguais à Terra. Estão a 1.200 anos-luz daqui, na constelação de Lyra. São apenas 60% e 40% maiores que a Terra e, embora imponentes, ambos estão na zona habitável da estrela mãe, indicando a possibilidade de terem oceanos líquidos. Entre todos os planetas analisados até agora, esses estão mais perto de espelhar a Terra.

Além disso, o telescópio espacial Hubble nos deu uma estimativa do número

de galáxias no universo visível: cem bilhões. Desse modo, podemos calcular que o número de planetas semelhantes à Terra no universo visível é de um bilhão vezes cem bilhões, ou seja, há cem quintilhões de planetas parecidos com a Terra.

É realmente um número astronômico. Portanto, as chances de existir vida no universo são astronômicas, principalmente quando se considera que ele tem 13,8

bilhões de anos de idade, tempo suficiente para a ascensão – e queda – de muitos impérios inteligentes. Na verdade, o milagre seria se

não existissem outras civilizações avançadas.

PROJETO SETI E CIVILIZAÇÕES ALIENÍGENAS

A tecnologia de radiotelescópio está ficando mais sofisticada. Até o momento, apenas cerca de mil estrelas foram analisadas detalhadamente na busca de sinais de vida inteligente, mas na próxima década esse número deve aumentar um milhão de vezes.

A procura de civilizações alienígenas por esse meio data de 1960, quando o astrônomo Frank Drake deu início ao Project Ozma (numa referência à Rainha de Oz), com um radiotelescópio de 25 metros em Green Bank, na Virgínia Ocidental. Isso marcou o nascimento do projeto Seti (Search for Extraterrestrial Intelligence). Infelizmente, não foram captados sinais de alienígenas, mas em 1971 a Nasa propôs o Projeto Cyclops, que teria 1.500 radiotelescópios, a um custo de dez bilhões de dólares.

Com o era de esperar, não deu em nada. O Congresso não achou a menor

graça.

Conseguiram verba para um projeto, bem mais modesto, de enviar uma mensagem cuidadosamente codificada para alienígenas no espaço sideral, em 1971. A mensagem codificada, contendo 1.679 bits de informação, foi

transmitida através do gigantesco radiotelescópio de Arecibo, em Porto Rico, direcionada ao Grande Aglomerado Globular M13, a cerca de 25.100 anos-luz de distância. Foi o primeiro cartão de visita cósmico da Terra, contendo informações relevantes sobre a raça humana. Até hoje não teve resposta. Talvez os alienígenas não tenham ficado impressionados conosco, ou, quem sabe, a velocidade da luz atrapalhou. Dada a grande distância, a data mais próxima para receber uma resposta é daqui a 52.174 anos.

Desde então, alguns cientistas manifestam receio de anunciar nossa existência a alienígenas, pelo menos até sabermos suas intenções para conosco. E

discordam dos proponentes do projeto Meti (Messaging to Extraterrestrial Intelligence), que promovem ativamente o envio de sinais a civilizações

alienígenas. A justificativa do projeto Meti é que, se a Terra já tem

anda grandes quantidades de sinais de rádio e TV para o espaço sideral, algum as mensagens mais não farão muita diferença. Mas os críticos do Meti acham que não devem os aumentar as chances de serem descobertos por alienígenas potencialmente hostis.

Em 1995, astrônomos recorreram à iniciativa privada para instalar o Instituto Seti em Mountain View, na Califórnia, a fim de centralizar as pesquisas e dar início ao Projeto Phoenix, que estuda as estrelas próximas semelhantes ao Sol na faixa de rádio entre 1.200 e 3.000 megahertz. O equipamento é tão sensível que pode captar emissões do sistema de radar de um aeroporto a duzentos anos-luz de distância. Desde a sua fundação, o Instituto Seti já fez varreduras em mais de mil estrelas, a um custo de cinco milhões de dólares por ano, mas ainda não teve sucesso.

Uma abordagem mais recente é o projeto SETI@home, lançado em 1999 por astrônomos da Universidade da Califórnia em Berkeley, que conta com um exército informal de milhões de amantes, proprietários de microcomputadores.

Qualquer um pode entrar nessa caçada histórica. À noite, enquanto o voluntário dorme, o protetor de tela do computador processa alguns dados que fluem pelo radiotelescópio de Arecibo em Porto Rico. Até o momento, o projeto tem 5,2

milhões de usuários, em 234 países. Talvez esses amantes sonhem em ser os primeiros humanos a fazer contato com extraterrestres. O nome do felizardo entraria para a história, como o de Colombo. O SETI@home cresceu tão rapidamente que hoje é o maior empreendimento computacional desse tipo.

Quando entrevistei o dr. Dan Wertheimer, diretor do SETI@home, perguntei com o ele conseguia distinguir entre mensagens falsas e reais. Sua resposta me surpreendeu. Ele disse que às vezes “plantam” deliberadamente nos dados do radiotelescópio sinais falsos de uma civilização inteligente fictícia. Se ninguém capta essas mensagens falsas, eles sabem que há algo de errado com o sistema.

Aprendam a lição: se a tela do seu computador anunciar que decifrou uma mensagem de uma civilização extraterrestre, não telefone imediatamente para a polícia nem para o presidente da República, porque pode ser uma mensagem falsa.

CAÇADORES DE ALIENÍGENAS

Um colega meu dedicado a encontrar vida inteligente no espaço é o

dr. Seth Shostak, diretor do Instituto Seti. Sendo ele Ph.D. em física pelo California Institute of Technology, achei que fosse se tornar um ilustre professor de física, dando aulas para doutorandos ávidos de saber, mas não. Ele se dedica a funções

muito diferentes: pede a pessoas ricas doações para o Instituto Seti, passa horas à espera de sinais de extraterrestres, e tem um programa de rádio. Certa vez, perguntei a ele sobre o “fator risadinha” — nossos colegas cientistas dão um a risadinha quando ele conta que fica à escuta de vozes do espaço sideral? Não mais, ele afirma. Com todas as novas descobertas da astronomia, a margem virou.

Na verdade, ele não se intimida e diz, tranquilamente, que fará contato com uma civilização alienígena num futuro muito próximo. E declarou publicamente que o Allen Telescope Array de 350 antenas que está sendo construído agora, vai

“cruzar com um sinal até o ano 2025”.

Não é um pouco arriscado?, perguntei. Com o ele tem tanta certeza? Um ponto a seu favor é a explosão do número de radiotelescópios nos últimos anos. Embora o governo dos Estados Unidos não dê apoio financeiro ao projeto, o Instituto Seti recentemente achou uma mina de ouro quando convenceu Paul Allen (o

bilionário da Microsoft) a doar mais de trinta milhões de dólares para criar o Allen Telescope Array em Hat Creek, na Califórnia, 467 quilômetros ao norte de San Francisco. Atualmente são 42 radiotelescópios, mas serão 350 varrendo o céu. (Um problema é a falta crônica de financiamento para esses experimentos científicos. Para com o orçamento apertado, a instalação em Hat Creek se mantém graças a um financiamento parcial das Forças Armadas.)

Shostak confessa que se incomoda um pouco quando as pessoas confundem o projeto Seti com caçadores de óvnis. O Seti, ele afirma, se fundamenta em princípios sólidos da física e da astronomia, usando tecnologia de ponta. Os caçadores de óvnis baseiam suas teorias em contadores de casos, em provas indiretas que podem ou não se fundamentar na verdade. O problema é que a enxurrada de relatos de aparições de óvnis que ele recebe por correio não é reproduzível nem testável. Ele pede a todos que forem abduzidos por um disco voador que roubem alguma coisa — um peso de papel ou caneta alienígena, por exemplo — com o prova da história. Nunca saia de um disco voador de mãos vazias, ele me aconselhou.

E conclui que não há provas concretas de visitas de alienígenas a nosso planeta.

Perguntei se ele achava que o governo dos Estados Unidos escondia as evidências desses encontros, com o que sugere a teoria da conspiração. Ele respondeu: “E eles teriam competência para esconder algo desse tamanho? Lembra-se de que é esse mesmo governo que gerencia os correios.”

A EQUAÇÃO DE DRAKE

Quando perguntei ao dr. Wertheim por que ele tinha tanta certeza da existência de vida inteligente no espaço, ele respondeu que os números estavam a seu favor.

Em 1961, o astrônomo Frank Drake fez suposições plausíveis para estimar a quantidade de civilizações inteligentes. Se com os dados os com cem bilhões, o número de estrelas na Via Láctea, podemos estimar a fração delas que são semelhantes ao nosso Sol. E podemos reduzir esse número estimando a fração delas que tem planetas, quantos deles são semelhantes à Terra *etc.* Chegando a um número razoável de suposições, temos uma estimativa de dez mil civilizações avançadas na Via Láctea. (Carl Sagan, com outro conjunto de estimativas, chegou ao número de um milhão.)

Desde então, os cientistas puderam fazer estimativas muito melhores do número de civilizações avançadas em nossa galáxia. Por exemplo: sabem os que existem em seis planetas orbitando estrelas do que Drake esperava, e também seis planetas semelhantes à Terra. Mas ainda temos um problema. Mesmo se soubéssemos os quantos planetas iguais ao nosso existem no espaço, ainda não saberíamos os quantos deles têm vida inteligente. Na Terra, levou 4,5 bilhões de anos até que seres inteligentes (nós) finalmente saíssem dos pântanos. Já existiam formas de vida aqui há 3,5 bilhões de anos, mas apenas nos últimos cem milhões de anos, seis ou sete milhões, surgiram seres inteligentes como nós. Portanto, mesmo no planeta igual à Terra, o surgimento de vida inteligente é muito difícil.

POR QUE ELES NÃO VÊM AQUI?

Depois fiz ao dr. Seth Shostak, do Seti, a pergunta fatal: Se existem tantas estrelas na galáxia, e tantas civilizações alienígenas, por que eles não vêm aqui? Esse é o paradoxo de Fermi, assim batizado por causa de Enrico Fermi, ganhador do Prêmio Nobel, que ajudou a construir a bomba atômica e descobriu os segredos do núcleo do

átom o.

Muitas teorias foram propostas. Um a diz que a distância entre estrelas deve ser grande demais. Levaria cerca de 70 mil anos para nossos foguetes químicos mais potentes atingirem as estrelas mais próximas da Terra. Talvez uma civilização mais ilhaves ou mais ilhões de anos mais avançada que a nossa resolva esse problema, mas há outra possibilidade. Talvez tenham se aniquilado numa guerra nuclear. Com o John F. Kennedy falou: “Lamento dizer, mas talvez faça sentido supor que a vida se extinguiu em outros planetas porque os cientistas de lá eram mais avançados que os nossos.”

Ou talvez a razão mais lógica seja a seguinte: Imagine que estão os andando pelo campo e encontram os um formigueiro. Vamos os nos abaixar e dizer para as formigas: “Vou trazer colares para vocês, vou trazer espelinhos, vou lhes dar energia nuclear. Vou criar um paraíso das formigas. Quero falar com seu líder.”?

Provavelmente não.

Agora imagine operários construindo uma supervia expressa com oito pistas, ao lado do formigueiro. As formigas vão saber em qual frequência os operários estão falando? Vão saber o que é uma supervia expressa com oito pistas? Da mesma forma, qualquer civilização inteligente que desça à Terra estará mais ilhaves, ou mais ilhões, de anos à nossa frente, e não teremos nada a oferecer a eles. Em outras palavras, é arrogância nossa acreditar que alienígenas vão viajar trilhões e trilhões de quilômetros só para nos ver.

Muito provavelmente não estão os na tela de radar deles. Ironicamente, a galáxia pode estar cheia de formas de vida inteligente e somos tão primitivos que nem as notamos.

PRIMEIRO CONTATO

Mas suponham os que virá o momento, talvez mais cedo do que se pensa, em que faremos contato com uma civilização alienígena. Isso pode significar um ponto de virada na história da humanidade. Portanto, as próximas questões são: o que eles querem, e com o que será a consciência deles?

Nos filmes e histórias de ficção científica, os alienígenas geralmente querem nos devorar, conquistar, acasalar conosco, escravizar, ou arrancar todos os recursos valiosos do nosso planeta. Tudo isso é altamente improvável.

Possivelmente, nosso primeiro contato com uma civilização alienígena não será com um disco voador aterrissando no gramado da Casa Branca. É mais provável que um adolescente do projeto SETI@home venha dizer que seu computador decodificou sinais do radiotelescópio de Arecibo em Porto Rico. Ou que o Seti de Hat Creek detecte uma mensagem indicando inteligência no espaço.

Nosso primeiro encontro será um evento de uma única vez. Podem os ficar na escuta e responder a uma mensagem, mas a essa resposta levará décadas ou séculos para chegar lá.

O que ouvirmos pelo rádio poderá nos dar pistas valiosas dessa civilização alienígena, mas a maior das mensagens será provavelmente de variedades, fofocas, músicas etc., e muito pouco conteúdo científico.

Fiz ao dr. Shostak a segunda pergunta fatal: Você vai manter segredo quando for feito o Primeiro Contato? Afinal, isso não irá causar pânico em massa, histeria religiosa, caos, fuga espontânea das cidades? Fiquei muito surpreso quando ele respondeu que não. Todos os dados seriam entregues a todos os governos e a todos os povos do mundo.

As próximas questões são: Com o que são? O que eles pensam?

Para entender a consciência alienígena, talvez seja instrutivo analisar outra consciência muito diferente da nossa: a consciência dos animais. Vivem os com

eles, mas ignoram o que se passa na mente deles.

E entender a consciência animal pode nos ajudar a entender a consciência alienígena.

CONSCIÊNCIA ANIMAL

Os animais pensam? Se pensam, sobre o que pensam? Há milhares de anos que essa pergunta deixa grandes filósofos sem resposta. Os historiadores gregos Plutarco e Plínio escreveram sobre uma famosa questão que até hoje não foi resolvida. No decorrer dos séculos, diversas soluções foram apresentadas por gigantes da filosofia.

Um cachorro vem andando por uma estrada, procurando seu dono, e chega a uma encruzilhada. O cachorro pega o caminho da esquerda, fareja, e retorna, sabendo que o dono não passou por ali. Depois o cachorro pega o caminho da direita, fareja, e volta, sabendo que o dono não seguiu por ali também. Então o cachorro, decididamente, toma o caminho do meio, sem farejar.

O que se passou na mente do cachorro? Grandes pensadores se debruçaram sobre essa questão, sem sucesso. O filósofo e ensaísta francês Michel de Montaigne escreveu que o cachorro concluiu obviamente que a única solução possível era seguir o caminho do meio, demonstrando que os cachorros são capazes de ter pensamento abstrato.

No século XIII, São Tomás de Aquino dizia o oposto – que aparentar ter pensamento abstrato não é o mesmo que realmente tê-lo. A aparência superficial de inteligência pode nos enganar, ele dizia.

Séculos depois houve um famoso debate entre John Locke e George Berkeley sobre consciência animal. “Bichos não abstraem”, disse Locke, ao que o bispo Berkeley respondeu: “Se o fato de que as bestas não abstraem é a propriedade que as distingue, receio que muitos dos que se passam por homens devam ser incorporados à espécie delas.”

Outros filósofos, em várias épocas, tentaram analisar a questão da mesma maneira, isto é, impondo a consciência humana ao cachorro. É um equívoco do antropomorfismo supor que os animais pensam e se comportam como nós. E

talvez a solução seja olhar essa questão do ponto de vista do cachorro, que poderia ser bem alienígena.

Na definição de consciência dada no capítulo 2, os animais são parte de um *continuum* de consciência. Diferem de nós quanto aos parâmetros que usam para criar um modelo do mundo. O dr. David Eagleman

an diz que os psicólogos chamam a isso de *umwelt*, isto é, a realidade percebida por outros animais. Ele diz: “No mundo surdo e cego do carrapato, os sinais importantes são a

temperatura e o cheiro do ácido butírico. Para um peixe elétrico, são os campos elétricos. Para o morcego, que usa o eco com o meio de localização, são as ondas de ar comprimido. Cada organismo tem sua própria *umwelt*, e possivelmente supõe ser a realidade objetiva total ‘lá de fora’.”

Considerem os o cérebro de um cachorro, que vive todo o tempo num turbilhão de odores e assim encontra com a idêntica e parceira para acasalar. A partir desses odores, o cão constrói um mapa mental do que existe ao seu redor. Esse mapa de odores é totalmente diferente do que construímos com os olhos, e transmite um conjunto de informações totalmente diferente. (Lembre do dr. Penfield, no capítulo 1, que desenhou um mapa do córtex cerebral com a imagem distorcida da correspondência com os órgãos do corpo [o Homemzinho de Penfield]. Agora imagine um diagrama do cérebro de um cão desenhado por Penfield. A parte maior seria do focinho, e não dos dedos. Cada animal teria um diagrama de Penfield totalmente diferente. Os alienígenas teriam um diagrama de Penfield ainda mais estranho.)

Infelizmente, tem a tendência a atribuir uma consciência humana aos animais, em bora eles tenham uma perspectiva do mundo totalmente diferente. Por exemplo: ao ver um cachorro seguir fielmente as ordens do dono, supomos, inconscientemente, que o cão é o melhor amigo do homem porque gosta de nós e nos respeita. Mas como o cachorro é descendente do *Canis lupus*, o lobo cinzento, que caça em grupo dentro de uma hierarquia rígida, é mais provável que o cachorro nos veja com o mesmo tipo de macho alfa, líder da matilha. Em certo sentido, você é o Cachorro Chefe. (Provavelmente por isso é muito mais fácil treinar filhotes do que cães velhos. É mais fácil marcar sua presença no cérebro do filhote, ao passo que os cães adultos já percebem que os humanos não fazem parte do bando.)

Além disso, quando um gato entra na sala e urina no tapete, achamos que o gato está zangado ou nervoso, e tentamos encontrar o motivo para o

aborrecimento do gato. Mas talvez o gato esteja simplesmente marcando território com o cheiro da urina para espantar outros gatos. Então o gato não está nada aborrecido, mas só avisando a outros gatos que fiquem longe da casa porque a casa pertence a ele.

E se o gato ronrona e se esfrega nas suas pernas, você acha que ele está demonstrando gratidão por você cuidar dele, que se trata de um sinal de carinho e afeição. É muito mais provável que o gato esteja esfregando os hormônios dele nas suas pernas para marcar propriedade (no caso, você) e repelir outros gatos.

Do ponto de vista do gato, você é um animal espécie de servo treinado para lidar com ida várias vezes por dia, e a esfregação do cheiro é para avisar a outros gatos que não se aproximem do servo dele.

Como disse Michel de Montaigne, o grande filósofo do século XVI: “Quando brinco com minha gata, com o saber se é ela que está brincando comigo, e não eu

com ela?”

E se o gato se retira para ficar sozinho, não é sinal de raiva nem de indiferença. Ele é descendente do gato selvagem, que é um caçador solitário, ao contrário do cachorro. Não fica babando à disposição de um macho alfa, como é o caso dos cães. A proliferação de programas de “encantadores de animais” na televisão é um sinal dos problemas encontrados quando atribuímos aos animais a consciência e as intenções humanas.

Um morcego também deve ter uma consciência muito diferente, dada por sons. Quase cego, o morcego precisa de feedback contínuo dos guinchos que emite para localizar insetos, obstáculos e outros morcegos via sonar. O mapa de Penfield do cérebro de um morcego seria muito diferente do nosso, com uma parte enorme tomada pelas orelhas. Assim como o dos golfinhos, que têm uma consciência diferente da dos humanos, muito baseada no sonar. Como os golfinhos têm um córtex frontal menor, pensava-se que não eram inteligentes, mas isso é como pensado por uma massa cerebral maior. O desdobramento do neocórtex do golfinho cobre seis páginas de revista, ao passo que o de um ser humano cobre quatro páginas. O golfinho tem os córtices parietais e tem porais muito desenvolvidos para analisar sinais de sonar na água, e é um dos poucos animais capazes de se reconhecer no espelho, provavelmente devido a esse desenvolvimento cortical.

Além disso, o cérebro do golfinho tem uma estrutura diferente da dos humanos porque a linhagem de golfinhos e humanos divergiu há cerca de 95 milhões de anos. Como o golfinho não tem necessidade de ter um nariz, seu bulbo olfativo desaparece logo após o nascimento.

ento. Mas há 30 milhões de anos o córtex auditivo deles atingiu um tamanho enorme e porque aprenderam a usar a ecolocalização, o sonar, para encontrar comida. O mundo deles, assim como o dos morcegos, deve ser um turbilhão de ecos e vibrações. Em comparação com os humanos, os golfinhos têm um lobo extra no sistema límbico, chamado região paralímbica, que provavelmente os ajuda a formar fortes relações sociais.

Os golfinhos têm uma linguagem inteligente. Certa vez entrei numa piscina com golfinhos para a gravação de um documentário do Science Channel.

Coloquei sonares na piscina para captar os cliques e assobios que eles usam para se comunicar. Os sinais foram captados e analisados por computador. Existe um método simples de discernir se há uma inteligência oculta naqueles conjuntos de guinchos e trinados. Na língua inglesa, por exemplo, a letra *e* é a mais usada. De fato, podem os criar uma lista da frequência de uso de todas as letras do alfabeto.

Qualquer livro em inglês que analisem os por computador irá mostrar

praticamente a mesma lista de letras mais encontradas.

Da mesma forma, esse programa de computador pode ser usado para analisar a linguagem dos golfinhos, e encontram os mesmos padrões indicando inteligência.

Entretanto, em outros mamíferos, o padrão começa a falhar e termina

quebrando totalmente à medida que chegam os nossos animais inferiores, com cérebro menor. Nesse caso, o sinal é quase aleatório.

ABELHAS INTELIGENTES?

Para uma noção de como deve ser a consciência alienígena, considerem os a estratégia adotada pela natureza para reproduzir a vida na Terra. São duas estratégias reprodutivas básicas, com profundas implicações na evolução e na consciência.

A primeira, usada pelos mamíferos, é produzir um pequeno número de rebentos e cuidar de cada um até chegar à maturidade. É uma estratégia arriscada, porque poucos indivíduos são produzidos a cada geração, e dependem da criação para enfrentar as adversidades. Isso significa que cada vida é bem acolhida e bem cuidada por um certo

período de tempo.

Outra estratégia, muito mais antiga, é usada pela maior parte do reino vegetal e animal, incluindo os insetos, répteis e quase todas as outras formas de vida do planeta. Trata-se de gerar um grande número de ovos ou sementes, e deixá-los germinar por si mesmos. Sem os cuidados da criação, a maioria não sobrevive e apenas uns poucos indivíduos mais resistentes produzem uma nova geração. Isso significa que a energia investida pelos pais em cada geração é nula e a reprodução depende da lei das médias para propagar a espécie.

Essas duas estratégias resultam em atitudes muito diferentes com relação à vida e à inteligência. A primeira valoriza cada indivíduo. Além disso, cuidados e laço afetivo têm um valor determinante nesse grupo. Essa estratégia reprodutiva só dá bom resultado quando os pais investem uma quantidade considerável de energia para preservar as crias. A segunda estratégia, por sua vez, não valoriza o indivíduo, e enfatiza a sobrevivência da espécie ou do grupo como um todo. Para eles, a individualidade não tem significado.

A estratégia reprodutiva tem implicações profundas na evolução da inteligência. Quando duas formas se encontram, por exemplo, trocam um número limitado de informações por meio de odores químicos e gestos. Apesar de mínima, a informação trocada é capaz de levá-las a criar túneis e galerias elaboradas para construir o formigueiro. Da mesma forma, as abelhas, embora se comunique por meio de uma dança, conseguem fazer colmeias com plexos e localizar canteiros de flores muito distantes trabalhando de forma coletiva. A inteligência delas não é formada individualmente, mas vem da interação holística de toda a colônia e dos seus genes.

Portanto, imagine uma civilização extraterrestre inteligente baseada na segunda estratégia, com uma raça de abelhas inteligentes. Nessa sociedade, as

abelhas operárias que voam todo dia à procura de pólen são descartáveis. As operárias não se reproduzem e vivem com o único propósito de servir à colmeia e à rainha, por quem elas se sacrificam sem hesitação. Os vínculos entre os machos não têm significado para elas.

Hipoteticamente, isso poderia afetar o programa espacial delas. Com o nós valorizam muito a vida dos astronautas, empregamos grandes recursos para trazê-los de volta vivos. Boa parte do custo das

viagens espaciais é aplicada na garantia da saúde da tripulação, na viagem de volta e na reentrada na atmosfera.

Mas numa civilização de abelhas inteligentes a vida de cada operária não vale tanto, por isso o programa espacial delas tem um custo muito baixo. As operárias não precisam voltar; cada viagem pode ser só de ida, o que representa uma economia significativa.

Agora, imagine-se encontram os extraterrestres com função similar à de uma abelha operária. Naturalmente, se encontram os uma abelha na floresta, a probabilidade maior é de que ela nos ignore, a não ser que ela ou a colmeia se sintam ameaçadas. É com o se não existissem os. Da mesma forma, é provável que esse operário espacial não tenha o mesmo interesse em fazer contato conosco, e muito menos em compartilhar seu saber. Ele seguiria cumprindo sua missão e nos ignoraria. E os valores que prezamos não significariam nada para ele.

Nos anos 1970, foram colocadas placas nas sondas *Pioneer 10* e *11*, contendo informações sobre nosso mundo e nossa sociedade, exaltando a diversidade e a riqueza da vida na Terra. Na época, os cientistas supunham que civilizações extraterrestres seriam com o nós, curiosas e interessadas em fazer contato. Mas se um alienígena operário com as abelhas encontrasse nossas placas, é provável que não significassem nada para ele.

Além disso, os operários não precisam ser muito inteligentes. Só precisam ser inteligentes o suficiente para servir aos interesses do grupo. Portanto, se enviamos uma mensagem a um planeta de abelhas inteligentes, o mais provável é que elas não tenham interesse em mandarmos uma mensagem de volta.

Ainda que seja possível fazer contato com uma civilização dessas, a comunicação deve ser muito difícil. Por exemplo: quando nos comunicamos uns com os outros, dividimos as ideias em frases com uma estrutura de sujeito e verbo, a fim de construir uma narrativa, geralmente uma história pessoal. A maioria de nossas frases tem a seguinte estrutura: “Eu fiz isso”, ou “Eles fizeram aquilo”. A maior parte de nossa literatura e conversas é composta por narrativas, relatos envolvendo experiências e aventuras que nós ou nossos personagens tivemos. Isso pressupõe que nossas experiências pessoais são a forma diante de transmitir informação.

No entanto, uma civilização baseada em abelhas inteligentes pode

não ter o mesmo interesse em histórias e experiências subjetivas. Sendo uma civilização

altamente coletivizada, as mensagens não devem ser pessoais, mas puramente factuais, contendo informações necessárias à vida da colônia, e não atividades e exercícios para elevar a posição social individual. Devem até achar nossas histórias muito repulsivas, pois colocam o papel do indivíduo na frente das necessidades coletivas.

Além disso, abelhas operárias devem ter uma noção de tempo totalmente diferente. Com elas são descartáveis, podem não ter um tempo de vida muito longo. Seus projetos devem ser de curto prazo e bem definidos.

No entanto, nós, humanos, vivemos os mesmos milhares; mas também bem temos uma noção de tempo tácita. Nossos projetos e ocupações têm um prazo de conclusão enquanto estamos vivos. De modo inconsciente, traçamos os nossos projetos, nossas relações com os outros e nossos objetivos de modo a serem cumpridos dentro do nosso período de vida. Em outras palavras, temos as fases distintas na vida: solteiro, casado, criando filhos, aposentado. Talvez sem termos plena consciência disso o tempo todo, sabemos que vamos viver um determinado tempo e depois morrer, que nossa vida é finita.

Mas imagine seres que podem viver milhares de anos, ou que são imortais.

Suas prioridades, objetivos e ambições têm que ser completamente diferentes.

Podem ter projetos que levariam muitas gerações de vida humana. A viagem interestelar é considerada pura ficção científica porque, com o nosso, um foguete convencional leva cerca de 70 mil anos para chegar às estrelas mais próximas.

Para nós, é uma demonstração proibitiva. Para uma forma de vida alienígena, porém, esse tempo pode ser irrelevante. Por exemplo: eles podem ser capazes de hibernar, desacelerar o metabolismo, ou até mesmo de viver indefinidamente.

COMO ELES SÃO?

As primeiras traduções de mensagens alienígenas provavelmente nos darão pistas de sua cultura e modo de vida. Por exemplo: é possível que tenham evoluído de predadores e, conseqüentemente, tenham conservado algumas características deles. (Em geral, os predadores

terráqueos são mais espertos que as presas. Caçadores, com o tigris, leões, gatos e cães, usam a astúcia para perseguir, se esconder e tocar, e tudo isso requer inteligência. Todos esses predadores têm olhos na frente da cara, para uma visão estereoscópica enquanto focalizam a atenção. As presas, que têm olhos nos lados da cara, ao verem o predador só lhes resta fugir. Por isso é que se diz “dissimulado com o um a raposa”

ou “um coelhinho assustado”). As formas de vida alienígenas podem ter deixado para trás muitos instintos predadores de seus ancestrais, mas é possível que ainda tenham um pouco da consciência deles (isto é, territorialidade, expansão e

violência quando for necessário).

Ao examinar a raça humana, identificamos pelo menos três elementos básicos que se conjugaram para nos tornar inteligentes:

1. Polegar oponible, que nos confere a habilidade de manipular e modelar o ambiente utilizando ferramentas.
2. Olhos estereoscópicos ou os olhos 3D de um caçador.
3. Linguagem, que nos permite acumular conhecimento, cultura e sabedoria com o passar das gerações.

Quando comparamos esses três elementos com características encontradas no reino animal, percebemos que são poucos os animais que preenchem esses requisitos de inteligência. Gatos e cachorros, por exemplo, não têm uma linguagem complexa, nem a habilidade de pegar um objeto. Polvos possuem tentáculos sofisticados, mas enxergam mal e não têm uma linguagem complexa.

Pode ser que haja adaptações nesses critérios. Em vez de polegares oponíveis, um alienígena pode ter garras ou tentáculos (o único pré-requisito é que possam manipular o ambiente com instrumentos criados por esses apêndices). Em vez de dois olhos, eles podem ter muitos, como os insetos, ou sensores que detectem sons ou radiação ultravioleta em vez da luz visível. É mais provável que tenham uma visão estereoscópica de um caçador, porque os predadores em geral têm inteligência superior à da presa. E em vez da linguagem comunicada por sons, talvez se comunique por diversas formas de vibrações (a

única exigência é que troquem informações entre si para criar uma cultura que se estenda por várias gerações).

Fora esses três critérios, vale tudo.

Os alienígenas devem ter uma consciência moldada pelo ambiente. Hoje os astrônomos entendem que talvez o habitat mais rico no universo não sejam os planetas semelhantes à Terra, que oferecem o deleite da luz cálida da estrela mãe, e sim satélites gelados na órbita de planetas grandes como o Júpiter, a bilhões de quilômetros da estrela. Acredita-se que Europa, uma lua gelada de Júpiter, tenha um oceano líquido por baixo do gelo da superfície, aquecido por forças de maré. Como a Europa tem órbita excêntrica, é comprimada em várias direções pela imensa força gravitacional de Júpiter, o que causa fricção dentro da lua. Isso gera calor, formando vulcões e fontes hidrotermais que derretem o gelo e criam oceanos líquidos. Estimase que os oceanos de Europa sejam muito profundos e seu volume pode ser muito maior que o dos oceanos da Terra. Sabendo-se que 50% das estrelas no céu devem ter planetas do tamanho de Júpiter (cem vezes mais abundantes que os semelhantes à Terra), as formas de vida mais ricas devem estar nas luas geladas de gigantes gasosos como o Júpiter.

Sendo assim, a primeira civilização alienígena que encontrarmos no espaço muito provavelmente será formada por seres de origem aquática. É provável também que eles tenham migrado dos oceanos e aprendido a viver na superfície gelada, longe da água líquida, por várias razões. Primeiro, qualquer espécie que vive apenas sob o gelo terá uma visão limitada do universo. Não poderão desenvolver a astronomia nem programar as espaciais se pensarem que o universo é apenas um oceano sob uma capa de gelo. Segundo, com pontes elétricas entram em curto-circuito em contato com a água, logo, eles não poderão ter desenvolvido rádio nem televisão se viverem debaixo d'água. Para essa civilização avançar, precisa dominar a eletrônica, que não pode existir nos mares. Portanto, o mais provável é que esses alienígenas tenham deixado o oceano e aprendido a sobreviver na superfície, como nós fizemos.

Mas, e se essa forma de vida evoluiu para uma civilização capaz de criar um programa espacial e chegar à Terra? Ainda serão organismos biológicos como nós, ou já serão pós-biológicos?

A ERA PÓS-BIOLÓGICA

Um dos cientistas que tem se dedicado a essas questões é meu colega

dr. Paul Davies, da Universidade do Estado do Arizona perto de Phoenix. Quando o entrevistei, ele me falou que precisamos expandir nossos horizontes para contemplar a aparência que poderá ter uma civilização milênios ou milênios à nossa frente.

Em vista dos perigos de viagens espaciais, ele acredita que tais seres terão abandonado a forma biológica, a exemplo das mentes incorpóreas que vimos no capítulo anterior. Ele escreve: “Minha conclusão é espantosa. Penso ser muito provável – na verdade, inevitável – que a inteligência biológica seja apenas um fenômeno transitório, um estágio fugaz na evolução da inteligência no universo.

Se algum dia viermos a encontrar uma inteligência extraterrestre, há uma probabilidade esmagadora de que seja de natureza pós-biológica, uma conclusão que tem ramificações óbvias e de longo alcance para o Seti.”

De fato, se os alienígenas estão milênios de anos à nossa frente, é muito provável que tenham abandonado o corpo biológico há muitas eras para criar o mais eficiente corpo computacional: um planeta com a superfície totalmente coberta de computadores. Davies diz: “Não é difícil imaginar a superfície inteira de um planeta coberta por um único sistema de processamento integrado. (...) Ray Bradbury cunhou o termo ‘cérebros Matrioshka’ para definir essas entidades impressionantes.”

Para Davies, a consciência alienígena deve perder o conceito de “si mesmo” e

ser absorvida pela “World Wide Web de Mentes”, que cobre toda a superfície do planeta. Ele acrescenta que “Uma rede de computadores de grande potência sem o senso de si mesmo terá uma enorme vantagem sobre a inteligência humana porque pode reestruturar a ‘si mesmo’, fazer mudanças sem temor, fundir-se com outros sistemas, e crescer. ‘Sentimentos pessoais’ são um claro impedimento ao progresso”.

Portanto, em nome da eficiência e maior capacidade computacional, ele imagina os integrantes dessa civilização avançada abrindo mão de sua identidade e sendo absorvidos por uma consciência coletiva.

Davies reconhece que os críticos dessa ideia devem achar esse conceito totalmente repulsivo. Parece que essa espécie alienígena sacrifica a

individualidade e a criatividade a favor do bem maior do coletivo ou

da colmeia.

Ele adverte que isso não é inevitável, mas é a opção mais eficiente para a civilização.

Davies tem uma hipótese que ele mesmo admite ser muito deprimente.

Quando perguntei por que essas civilizações não nos visitam, ele me deu uma resposta estranha. Disse que uma civilização nesse estágio tão avançado terá desenvolvido também realidades virtuais muito mais interessantes e desafiadoras que a realidade. A realidade virtual de hoje é um brinquedo de criança em comparação com a de uma civilização milhares de anos mais avançada que a nossa.

Isso significa que as mentes mais brilhantes deles podem ter decidido experimentar vidas imaginárias em vários mundos virtuais. Ele admite que esse pensamento é desalentador, mas não deixa de ser uma possibilidade. Pode até nos ajudar a aperfeiçoar nossa realidade virtual.

O QUE ELES QUEREM?

No filme *Matrix*, as máquinas assumem o comando e colocam os humanos em casulos, onde nos exploram com as baterias para se energizarem. Só por isso elas nos mantêm vivos. Mas com uma única usina elétrica gera mais potência que os corpos de milhares de humanos, qualquer alienígena em busca de uma fonte de energia perceberá rapidamente que não precisa de baterias humanas (isso deve ter passado despercebido às máquinas soberanas de *Matrix*, mas esperem os que os alienígenas levem em consideração).

Outra possibilidade é que queiram nos comer. Isso foi explorado num episódio de *Além da imaginação*, em que alienígenas aterrissam na Terra prometendo benefícios tecnológicos e convidam voluntários para conhecer seu belo planeta.

Mas os alienígenas esquecem aqui um livro chamado *Como servir homens*, que

os cientistas tentam decifrar a fim de descobrir as maravilhas que eles têm para compartilhar conosco, e descobrem ser um livro de culinária (mas com os feitos de DNA e proteínas totalmente diferentes das deles, podem ter dificuldade para nos digerir).

Outra possibilidade é que queiram saquear todos os recursos e

inerais valiosos da Terra. Esse argum ento pode ter certo fundam ento, m as, se eles são tão avançados ao ponto de viaj ar tranquilam ente pelas estrelas, devem encontrar m uitos planetas desabitados, com recursos que podem saquear sem se aborrecer com nativos indóceis. Do ponto de vista deles, seria um a perda de tem po tentar colonizar um planeta habitado quando há alternativas m elhores.

Então, se os alienígenas não querem nos saquear nem escravizar, que perigo eles oferecem ? Pense num veado na floresta. De quem ele deve ter m ais m edo: de um caçador cruel arm ado de espingarda, ou de um construtor tranquilo com um a planta topográfica na m ão? O caçador pode assustar o veado, m as só alguns veados são am eaçados por ele. Mais perigoso é o am ável construtor porque o veado nem aparece no seu radar. Ele está tão concentrado em transform ar a floresta num em prendim ento im obiliário, que nem pensa no veado. Em vista disso, com o seria de fato um a invasão?

Nos film es de Holly wood, há um a falha gritante: os alienígenas estão sem pre por volta de um século à nossa frente, e geralm ente inventam os um a arm a secreta ou exploram os um a fraqueza qualquer na estrutura deles para expulsá-

los, com o em *A invasão dos discos voadores*. Mas o diretor do Seti, dr. Seth Shostak, m e disse que um a batalha com um a civilização alienígena avançada seria com o um a luta entre o Bam bi e o Godzilla.

Na realidade, os alienígenas devem ser m ilhares ou m ilhões de anos m ais avançados em arm am entos, então, de um m odo geral, tem os poucas chances de defesa. Mas talvez possam os aprender com os bárbaros que derrotaram o m aior im pério m ilitar da época, o Im pério Rom ano.

Os rom anos eram m estres em engenharia, capazes de criar arm as que

arrasavam vilas, e de construir estradas para levar suprim entos a postos avançados do vasto im pério. Os bárbaros, recém -saídos de um a existência nômade, tinham poucas chances contra o Exército Rom ano e seu poder

destruidor.

Mas a história registra que, à m edida que se expandia, o im pério ia enfraquecendo, por lutar em m uitas frentes, afundar-se em tratados e

dispor de uma economia insuficiente para sustentar tudo, principalmente em vista do declínio gradual da população. Além disso, com escassez de homens, o império precisava recrutar jovens soldados bárbaros e promovê-los a posições de comando. Inevitavelmente, a tecnologia superior romana foi passando para os bárbaros, que, ao fim de algum tempo, começaram a dominar a própria tecnologia militar que os dominava.

Já no fim, o império enfraquecido por intrigas internas, falta de comida, guerras civis e um exército espalhado demais, deparou-se com bárbaros capazes de enfrentar o Exército Romano até deixá-lo inativo. Os saques de Roma entre 410 e 455 d.C. abriram o caminho para a queda final do império, em 476.

Da mesma forma, é provável que num primeiro momento os terráqueos não representem um perigo real no caso de uma invasão alienígena, mas com o tempo descobrirão os pontos fracos do exército invasor, suas fontes de energia, seus centros de comando, e principalmente de seus armamentos. A fim de controlar a população humana, os alienígenas terão que recrutar colaboradores.

Isso resultará numa difusão da tecnologia entre os humanos.

Assim, um exército desordenado de humanos pode conseguir organizar um contra-ataque. Na estratégia militar oriental, com os ensinamentos clássicos de Sun Tzu em *A arte da guerra*, há um meio de derrotar um exército superior.

Primeiro, permite-se que ele invada o território. Quando estiverem em terreno desconhecido e os soldados dispersos, é possível contra-atacar no ponto mais fraco deles.

Outra técnica é usar a força do inimigo contra ele. No Judo, a principal estratégia é usar a seu favor o ímpeto do adversário. Você deixa o adversário atacar e nesse momento passa uma rasteira ou o derruba de repente, explorando a massa e energia dele. Quanto mais pesado, com mais força ele bate no chão.

Talvez o único meio de lutar contra um exército superior seja deixar que invada o território, e então tentar descobrir seus segredos militares e conhecer seus armamentos, e depois usar as próprias armas e segredos do invasor contra ele.

Portanto, um exército alienígena não pode ser derrotado numa luta direta, mas terá que ir embora se não puder vencer e o custo de um empate for muito alto. O

sucesso depende de privar o inimigo de uma vitória.

Acredito, porém, que é muito provável que os alienígenas sejam benevolentes e pratiquem entre nós ignorância. Não tem nada a oferecer a eles. Se vierem, será mais por curiosidade, ou para fazer um reconhecimento. Com a curiosidade foi uma característica essencial para nos tornarmos inteligentes, é provável que qualquer espécie alienígena seja curiosa, e talvez queira nos analisar, mas não necessariamente fazer contato.

ENCONTRO COM UM ASTRONAUTA ALIENÍGENA

Ao contrário do que acontece nos filmes, provavelmente não teremos um encontro pessoal com criaturas alienígenas. Seria muito perigoso e desnecessário.

Assim como enviamos os *rovers* para explorar Marte, eles devem enviar substitutos orgânicos/mecânicos ou avatares, que podem suportar melhor as adversidades da

viagem interestelar. Dessa maneira, os “alienígenas” que encontrarmos nos gramados da Casa Branca podem não parecer em nada com seus senhores no planeta nativo. Os senhores projetarão sua consciência no espaço por meio de representantes.

Muito provavelmente, eles enviarão sondas robóticas à nossa lua, que é geologicamente estável, sem erosão. Essas sondas são autorreplicantes, isto é, criam uma fábrica e produzem, digamos, mil cópias delas (são chamadas sondas de Von Neumann, em homenagem ao matemático John von Neumann, que lançou as bases do computador digital; ele foi o primeiro matemático a considerar seriamente a questão das máquinas que se reproduzem). Essa segunda geração de sondas é enviada para outros sistemas estelares, onde cada uma delas cria uma terceira geração de outras mil sondas, totalizando um milhão. Depois elas se dispersam e criam outras fábricas, chegando ao total de um bilhão de sondas. Tendo início com apenas uma sonda, chegam a mil, um milhão, um bilhão. Em cinco gerações, um quatrilhão de sondas. Logo haverá uma esfera gigantesca se expandindo quase à velocidade da luz, contendo trilhões e trilhões de sondas, colonizando a galáxia em poucas centenas de milhares de anos.

Davies leva tão a sério essa ideia das sondas autorreplicantes de Von Neumann que já pediu financiamento para vasculhar a superfície da Lua à procura de vestígios de presença alienígena. Ele quer fazer um a

varredura na Lua para detectar emissões de rádio ou anomalias de radiações que indiquem a presença de alienígenas, talvez milhões de anos atrás. Ele publicou um artigo com o dr.

Robert Wagner no periódico científico *Acta Astronautica* pedindo que examinassem atentamente as fotos do Lunar Reconnaissance Orbiter com uma resolução de até 45 centímetros.

No artigo, diziam: “Em breve há uma probabilidade mínima de que uma tecnologia alienígena tenha deixado vestígios na Lua, na forma de artefatos ou modificações superficiais das características lunares, esse local tem a virtude de estar próximo”, e traços de uma tecnologia alienígena devem permanecer por longos períodos de tempo. Dado que não há erosão na Lua, marcas deixadas por alienígenas ainda seriam visíveis (da mesma forma que as pegadas deixadas por nossos astronautas nos anos 1970 podem, em princípio, permanecer lá por bilhões de anos).

Um problema é que a sonda de Von Neumann pode ser muito pequena.

Nanossondas usam micropilares e MEMs, portanto, podem ser do tamanho de um pão de forma, ou menor, ele me disse (de fato, se uma sonda dessas pousasse num quintal aqui na Terra, o dono da casa talvez nem notasse).

Entretanto, esse método representa o meio mais eficaz de colonização da galáxia, usando o crescimento exponencial das sondas de Von Neumann. (É o mesmo meio pelo qual um vírus infecta nosso corpo. Com ele, com alguns vírus entrando nas células, em seguida sequestram a maquinaria reprodutiva das

células e as transformam em fábricas que criam mais vírus. Em duas semanas, um único vírus pode infectar trilhões de células, e com eles os espirrar.) Se isso estiver correto, significa que nossa lua é o lugar mais propício para uma visita alienígena. E é também a base do filme *2001: Uma odisseia no espaço*, que até hoje apresenta o encontro mais plausível com uma civilização extraterrestre.

No filme, uma sonda é colocada em nossa lua milhões de anos atrás, com o objetivo principal de observar a evolução da vida na Terra. Às vezes a sonda interfere e dá um impulso em nossa evolução. Essa informação é enviada para Júpiter, que é uma estação de retransmissão, e de lá segue para o planeta nativo de uma civilização alienígena muito antiga.

Do ponto de vista dessa civilização avançada, que pode analisar bilhões de sistemas estelares simultaneamente, vem os que eles podem escolher o sistema planetário que quiserem para colonizar. Dada a imensidão da galáxia, eles podem coletar dados e escolher à vontade os planetas e luas que prometem os melhores recursos. Da perspectiva deles, a Terra não deve ser muito atraente.

Os im périos do futuro serão im périos da mente.

– WINSTON CHURCHILL

Se continuarmos a desenvolver a tecnologia sem sabedoria ou prudência, o servo pode passar a ser o carrasco.

– GENERAL OMAR BRADLEY

15 OBSERVAÇÕES FINAIS

Em 2000, uma controvérsia feroz agitou a comunidade científica. Bill Joy, um dos fundadores da Sun Computers, escreveu um artigo inflamado denunciando a ameaça mortal representada pela tecnologia avançada. Num artigo publicado na revista *Wired* com o provocativo título “Por que o futuro não precisa de nós”, ele escreveu: “As tecnologias mais avançadas do século XXI – robótica, engenharia genética e nanotecnologia – ameaçam tornar os humanos uma espécie em extinção.” Esse artigo incendiário questionava a própria moralidade de centenas de cientistas trabalhando arduamente em seus laboratórios para o avanço da ciência. Ele pôs em questão a própria essência das pesquisas, afirmando que os benefícios da tecnologia eram ofuscados pela enorme ameaça que representava para a humanidade.

Joy descreveu uma distopia macabra, em que todas as nossas tecnologias conspiravam para destruir a civilização. E advertiu que três de nossas principais criações se voltarão contra nós:

Um dia, os organismos produzidos pela bioengenharia vão escapar do laboratório e devastar o mundo. Com o tempo não é possível recapturar essas formas de vida, elas podem se proliferar sem controle e desencadear uma epidemia mortal em todo o planeta, pior que as

pestes da Idade Média. A biotecnologia pode até alterar a evolução humana, criando “várias espécies separadas e desiguais (...) que ameaçarão a noção de igualdade, que é a verdadeira pedra fundamental da democracia”.

Um dia, os nanorrobôs podem enlouquecer e expelir grandes quantidades de “gostosa cinzenta”, que asfixiariam todas as formas de vida. Com esses nanorrobôs “digerem” matéria com um para criar novas formas de matéria, os defeituosos podem se descontrolar e digerir boa parte da Terra. Joy escreveu: “Certamente, a gostosa cinzenta seria um fim deprimente para a aventura humana na Terra, muito pior que o fogo ou o gelo, e pode se originar de um simples acidente de laboratório. Oops!”

Um dia, os robôs vão dominar e substituir a humanidade. Ficarão tão inteligentes que vão simplesmente descartar os humanos. Serem os apenas um a nota de rodapé na história da civilização. “Os robôs nunca serão nossos filhos. (...) Nesse caminho, a humanidade pode estar perdida”, ele escreveu.

Joy afirmou que os perigos deflagrados por essas três tecnologias reduzirão a muitas as galhas os perigos trazidos pela bomba atômica nos anos 1940, quando Einstein avisou que a tecnologia nuclear tinha o poder de destruir a civilização: “Tornou-se terrivelmente óbvio que nossa tecnologia superou nossa humanidade.” Mas a bomba atômica foi construída por um grande programa governamental, que podia ser estritamente regulamentado, ao passo que essas novas tecnologias são desenvolvidas por empresas privadas com uma regulamentação fraca, se é que têm alguma, argumenta Joy.

Ele concorda que, em curto prazo, essas tecnologias podem aliviar alguns sofrimentos. Mas, em longo prazo, os benefícios serão suplantados pelo fato de poderem desencadear um Armagedon

científico capaz de aniquilar a raça humana.

Joy chegou ao ponto de acusar os cientistas de egoísmo e ingenuidade por tentarem criar uma sociedade melhor. Ele escreveu: “Uma boa sociedade e uma vida boa são parte da utopia tradicional. Uma vida boa envolve outras pessoas.

Essa utopia tecnológica apela para ‘não vou ter doenças, não vou morrer, vou enxergar melhor e ser mais inteligente’, e por aí vai. Se dissessem os isso a Sócrates ou a Platão, eles dariam uma gargalhada.”

Ele conclui afirmando: “Penso que não é exagero dizer que estamos beirando a total perfeição do mal extremo, um mal cujas possibilidades vão muito além do que as armas de destruição em massa legaram aos Estados-nação.”

Qual é a conclusão? “Algo com a extinção”, ele adverte.

Com o que se esperava, esse artigo detonou controvérsias explosivas.

O artigo foi escrito há mais de uma década. Em termos de alta tecnologia, é uma vida inteira. Hoje, em retrospecto, é possível considerar certas previsões dele. Relendo o artigo numa perspectiva atualizada, vemos claramente que Bill Joy exagerou muitas das ameaças dessas tecnologias, mas também incitou os cientistas a encarar as consequências éticas, morais e sociais de seus trabalhos, o que é sempre bom.

Esse artigo deu origem a uma discussão sobre quem somos nós. Ao desvelar os segredos moleculares, genéticos e neurais do cérebro, não desumanizam os de certa forma a humanidade, reduzindo-a a um monte de átomos e neurônios? Se fizermos um mapa completo de todos os neurônios do cérebro e de todos os percursos neurais, não estaremos dissolvendo o mistério, a magia de quem somos nós?

UMA RESPOSTA A BILL JOY

Em retrospecto, as ameaças da robótica e da nanotecnologia estão mais distantes

do que Bill Joy supôs, e eu diria que, com as devidas advertências, podem os tomar uma série de contramedidas, com o vetar pesquisas que levem à fabricação de robôs incontroláveis, inserir chips que os façam parar quando se tornarem perigosos, e criar dispositivos de emergência que imobilizem todos eles em caso de necessidade.

Mais imediata é a ameaça da biotecnologia, em que há um perigo real de vazamento de biogermes dos laboratórios. Na verdade, Ray Kurzweil e Bill Joy escreveram um artigo criticando a publicação do genoma completo do vírus da gripe espanhola de 1918, um dos germes mais letais da história moderna, que matou mais do que a Primeira Guerra Mundial. Os cientistas conseguiram remontar o vírus, já extirpado, examinando os corpos e sangue das vítimas e sequenciando seus genes. Depois, publicaram na internet.

Já existem formas de proteção contra o escape de vírus perigosos, mas ainda faltam medidas para fortalecer tais salvaguardas e aumentar a segurança. Por exemplo: se um novo vírus irromper em algum lugar distante, aqui na Terra, os cientistas precisam encontrar uma maneira rápida de isolar esse vírus num local remoto, sequenciar seus genes e preparar uma vacina para evitar a

disseminação.

IMPLICAÇÕES PARA O FUTURO DA MENTE

Esse debate tem também um impacto direto no futuro da mente. No momento, a neurociência ainda é muito primitiva. Os cientistas podem ler e gravar em vídeo pensamentos simples do cérebro vivo, registrar algumas lembranças, conectar o cérebro a braços mecânicos, habilitar pacientes paralisados a controlar máquinas ao seu redor, silenciar regiões cerebrais específicas via magnetismo, e identificar nas doenças mentais as regiões do cérebro que funcionam mal.

Nas próximas décadas, porém, o poder da neurociência pode se tornar

explosivo. Pesquisas em andamento estão no limiar de novas

descobertas científicas que nos deixarão boquiabertos. Um dia será rotina controlar objetos usando apenas o poder da mente, gravar lembranças, curar doenças mentais, aumentar a inteligência, entender cada neurônio, criar cópias de dados do cérebro, e se comunicar por telepatia. O mundo do futuro será o mundo da mente.

Bill Joy não duvidava do potencial da tecnologia para aliviar o sofrimento humano. O que o horrorizou foi a possibilidade de indivíduos privilegiados levarem a uma cisão da humanidade. Em seu artigo, ele pinta uma distopia depressiva, em que uma pequena elite terá maior inteligência e aprimoramento dos processos mentais, enquanto as massas viverão na ignorância e na pobreza.

Ele temia que a raça humana se dividisse em duas, ou até que deixasse totalmente de ser humana.

Mas, com o observamos, quase todas as tecnologias são no início muito caras e, portanto, exclusivamente para os ricos. Devido à produção em massa, à queda do custo dos computadores, à comunicação e ao transporte mais barato, as tecnologias acabam chegando aos pobres também. Essa foi a trajetória do fonógrafo, rádio, TV, PC, laptop e telefone celular.

Longe de criar um mundo de uns que têm e outros que não têm, a ciência é o motor da prosperidade. De todos os recursos que a humanidade utiliza, desde o início dos tempos, o mais forte e produtivo tem sido a ciência. A incrível riqueza que vem de todas as partes resulta diretamente da ciência. Para entendermos como a tecnologia reduz – e não acentua – os abismos sociais, basta lembrar como nossos ancestrais viviam até 1900. A expectativa de vida nos Estados Unidos era de 49 anos. Muitas crianças morriam na primeira infância. A comunicação com os vizinhos era feita por gritos na janela. O correio chegava a cavalo, quando chegava. A medicina era à base de poções mágicas. Os únicos tratamentos que funcionavam eram as amputações (sem anestesia) e a aplicação de morfina para aliviar a dor. A comida se estragava em poucos dias. Não havia saneamento. As doenças eram uma ameaça constante. E a economia só dava conta de alguns ricos e uma pequena classe média.

A tecnologia mudou tudo. Não precisamos mais caçar para comer; basta ir ao supermercado. Não precisamos mais carregar sacos pesados de alimentos; basta levar até o carro. (Na verdade, a maior ameaça da tecnologia, que mata milhões de pessoas, não são robôs assassinos, nem nanorrobôs enlouquecidos – é nosso estilo de vida dispendioso, que criou níveis quase epidêmicos de diabetes, obesidade,

doença cardíaca, câncer *etc.* E esse problema é autoinfligido.) Vem os
isso também em nível global. Nas últimas décadas, pela primeira vez
na história, o mundo testemunhou centenas de milhões de pessoas
saindo de uma pobreza opressiva. No panorama geral, vem os uma
parcela significativa da humanidade deixando para trás as condições
precárias de fazendas de subsistência para fazer parte da classe média.

As nações ocidentais levaram séculos para se industrializar e, no
entanto, a China e a Índia fizeram isso em poucas décadas, graças à
difusão da alta tecnologia. Contando com a tecnologia sem fio e a
internet, essas nações podem ultrapassar países mais desenvolvidos
que tiveram todo o trabalho de instalar redes elétricas nas cidades.
Enquanto o Ocidente se debate com uma

infraestrutura urbana antiga, decadente, as nações em desenvolvimento
estão construindo cidades inteiras com uma brilhante tecnologia
de última geração.

Quando eu era aluno de doutorado, meus colegas na China e na Índia
tinham que esperar meses para receber publicações científicas pelo
correio. Quase não tinham contato direto com cientistas e engenheiros
ocidentais, porque poucos

podiam se dar ao luxo de viajar para cá. Isso travava muito o fluxo
da tecnologia, que se movia a passos extremamente lentos naquelas
nações. Hoje os cientistas podem ler os artigos de colegas assim que
são publicados na internet, e colaborar com cientistas do mundo todo
via e-mail. Isso acelerou muito o fluxo de informações. E com essa
tecnologia, vêm o progresso e a prosperidade.

Ademais, não está claro por que um certo aprimoramento da
inteligência provocará uma crise catastrófica da humanidade, ainda
que muitos não possam arcar com o custo dos procedimentos. Para a
humanidade, ser capaz de resolver equações matemáticas complexas ou
ter uma memória perfeita não é garantia de um salário melhor, de maior
respeito por parte dos colegas ou de maior popularidade entre o sexo
oposto, que são incentivos para muita gente. O Princípio do Homem
nas Cavernas triunfa sobre cérebros turbinados.

Como diz o dr. Michael Gazzaniga: “A ideia de que estamos re-
examinando nossos órgãos preocupa muita gente. E, afinal, o que
faremos com a inteligência expandida? Vamos usá-la para solucionar
problemas, ou só para fazer listas maiores de cartões de Natal...?”

Mas, com o vim os no capítulo 5, trabalhadores desem pregados podem se beneficiar, reduzindo drasticam ente o tem po exigido para aum entar sua capacidade e dom inar novas tecnologias. Isso pode não som ente reduzir os problem as associados ao desem prego, m as tam bém ter um im pacto na econom ia m undial, tornando-a m ais eficiente e adaptável a m udanças.

SABEDORIA E DEBATE DEMOCRÁTICO

Em resposta ao artigo de Joy, alguns críticos observaram que não se trata de um a luta entre os cientistas e a natureza, com o diz o autor. Trata-se de um debate entre três partes: os cientistas, a natureza e a sociedade.

Os cientistas de com putação John Brown e Paul Duguid responderam ao artigo dizendo: “As tecnologias — com o a pólvora, a im prensa, a ferrovia, o telégrafo e a internet — causam m udanças profundas na sociedade. Por outro lado, os sistem as sociais — na form a de governos, sistem as de j ustiça, organizações form ais e inform ais, m ovim entos sociais, redes de profissionais, com unidades locais, instituições financeiras, e tantos outros — m odelam , m oderam e redirecionam o poder bruto das tecnologias.”

Basta analisá-las do ponto de vista da sociedade e, por fim , cabe a nós adotar um a nova visão do futuro que incorpore todas as boas ideias.

Para m im , a fonte principal de sabedoria a esse respeito está num vigoroso debate dem ocrático. Nas próxim as décadas, o público será cham ado a votar em várias questões científicas cruciais. A tecnologia não pode ser debatida no vácuo.

QUESTÕES FILOSÓFICAS

Enfim , alguns críticos afirm am que a ciência foi longe dem ais na revelação dos segredos da m ente, um a revelação que desum aniza e degrada. Por que apreciar a descoberta de algo novo, aprender um a nova habilidade, divertir-se num a viagem de férias, se tudo pode ser reduzido a alguns neurotransm issores ativando alguns circuitos neurais?

Em outras palavras, assim com o a astronom ia nos reduziu a grãos

insignificantes de poeira cósm ica num universo indiferente, a neurociência nos reduziu a sinais elétricos circulando em circuitos neurais. Mas, isso é m esm o verdade?

Com eça a nossa discussão destacando os dois maiores mistérios de toda a ciência: a mente e o universo. Ambos não têm apenas uma história e narrativa, também compartilham de uma filosofia similar, e talvez do mesmo destino. A ciência, com todo o poder de investigar o centro de buracos negros e aterrissar em planetas distantes, deu origem a duas filosofias abrangentes sobre a mente e o universo: o princípio de Copérnico e o princípio antrópico. Ambos são compatíveis com tudo o que se conhece da ciência, mas são diametralmente opostos.

A primeira grande filosofia, o princípio de Copérnico, nasceu com a descoberta do telescópio, mais de 400 anos atrás, e afirma que a humanidade não tem uma posição privilegiada no universo. Essa ideia, aparentemente simples, derrubou mitos milenares e filosofias arraigadas.

Desde o conto bíblico de Adão e Eva exilados do Jardim do Éden por terem provado da maçã do conhecimento, houve uma série de derrotas humanas.

Primeiro, o telescópio de Galileu mostrou que a Terra não era o centro do sistema solar, e sim o Sol. Essa ideia foi superada quando se soube que o sistema solar era apenas um cisneio na Via Láctea, em órbita a cerca de 30 mil anos-luz do centro da galáxia. Nos anos 1920, Edwin Hubble descobriu inúmeras galáxias. De repente, o universo ficou bilhões de vezes maior. Agora o telescópio espacial Hubble revela a presença de até 100 bilhões de galáxias no universo visível. Nossa Via Láctea foi reduzida a um pontinho numa arena cósmica minúscula.

Teorias cosmológicas mais recentes rebaixam cada vez mais a posição da humanidade no universo. A teoria do universo inflacionário diz que nosso universo visível, com seus 100 bilhões de galáxias, é do tamanho de um furinho de agulha num universo muito maior, tão inflado que a maior parte da luz de regiões mais distantes ainda não teve tempo de chegar até nós. Na vastidão do espaço, há muitos lugares que não conseguimos observar com telescópios, e aonde nunca chegaremos porque não podemos viajar mais rápido que a luz. E se a teoria das cordas (em sua especialidade) estiver correta, significa que o universo inteiro

coexiste com outros universos num hiperespaço de onze dimensões. Portanto, o espaço tridimensional não é o ponto final. A verdadeira arena dos fenômenos físicos é o multiverso de universos, cheio de

universos flutuando com o bolhas de sabão.

O autor de ficção científica Douglas Adams tentou resumir o sentimento de estar sendo destronado, inventando em *O guia do mochileiro das galáxias* o Vórtex da Perspectiva Total, criado para enlouquecer as pessoas. Quando alguém entra numa câmara, vê uma paisagem gigantesca de todo o universo, com uma setinha minúscula, quase invisível, apontando “Você está aqui”.

Portanto, o princípio de Copérnico indica que somos um entulho cósmico insignificante vagando sem rumo entre as estrelas. Por outro lado, todos os últimos dados cosmológicos são compatíveis com uma teoria que defende a filosofia oposta: o princípio antrópico.

Essa teoria afirma que o universo é compatível com a vida. Mais uma vez, essa afirmação aparentemente simples tem implicações profundas. Por um lado, é impossível negar que existe vida no universo, mas é claro que as forças do universo devem ser calibradas com precisão para tornar a vida possível. Como disse o físico Freeman Dyson: “O universo parecia saber que estavam os vindo.”

Por exemplo: se a força nuclear fosse só um pouquinho maior, o Sol teria explodido bilhões de anos atrás, antes que o DNA pudesse brotar. Se a força nuclear fosse só um pouquinho menor, o Sol já teria se consumido, e talvez não estaríamos aqui.

Da mesma forma, se a gravidade fosse mais forte, o universo teria se contraído até o Grande Colapso bilhões de anos atrás, e teríamos morrido torrados. Se fosse um pouquinho mais fraca, o universo teria se expandido tão depressa, atingindo o Grande Congelamento, e todos teríamos morrido de frio.

Essa ajuste se estende a todos os átomos do corpo. A física diz que somos feitos de poeira de estrelas, que os átomos que vemos em tudo à nossa volta foram forjados no calor de uma estrela. Somos literalmente filhos das estrelas.

Mas as reações nucleares que queimam hidrogênio para criar os elementos mais pesados no nosso corpo são muito complexas, e poderiam ter dado errado por diversos motivos. Nesse caso, teria sido impossível criar os elementos mais pesados do nosso corpo, e os átomos de DNA e da vida não existiriam.

Em outras palavras, a vida é preciosa e é um milagre.

Há tantos parâmetros que precisaram de ajustes que alguns afirmam

que não pode ser coincidência. A forma fraca do princípio antrópico sugere que a existência da vida obriga os parâmetros físicos do universo a serem definidos com a maior precisão. A forma forte do princípio antrópico vai mais além, afirmando que Deus, ou algum projetista, precisou criar um universo “bem certinho” para tornar a vida possível.

FILOSOFIA E NEUROCIÊNCIA

O debate entre o princípio de Copérnico e o princípio antrópico reverbera na neurociência. Por exemplo: alguns afirmam que os humanos podem ser reduzidos a átomos, moléculas e neurônios, consequentemente, não há um lugar diferenciado para a humanidade no universo.

David Eagleman diz: “Esse você que seus amigos conhecem e amam só existe enquanto os transistores e parafusos do seu cérebro estiverem no lugar. Se você não acredita, vá à enfermaria da ala neurológica de um hospital. Um acidente, até numa pequena parte do cérebro, pode levar a uma perda terrível de capacidades específicas: a capacidade de nomear animais, ouvir música, evitar

comportamentos de risco, distinguir cores, tomar decisões simples.”

Ao que parece, o cérebro não funciona sem todos os “transistores e parafusos”. Ele conclui, dizendo: “Nossa realidade depende das condições de nossa biologia.”

Então, por um lado, nosso lugar no universo parece diminuir se podemos ser reduzidos, como robôs, porcas e parafusos (biológicos). Somos apenas um *wetware*^[6] rodando um software chamado mente, nada mais, nada menos.

Nossos pensamentos, desejos, esperanças e aspirações podem ser reduzidos a impulsos elétricos circulando numa região do córtex pré-frontal. Isso é o princípio de Copérnico aplicado à mente.

Mas o princípio antrópico também pode ser aplicado à mente, e chegamos à conclusão oposta. Diz simplesmente que as condições do universo tornam possível a consciência, ainda que seja extraordinariamente difícil criar uma mente a partir de eventos aleatórios. O grande biólogo britânico Thomas Huxley disse: “Algo tão notável como um estado de consciência ter surgido em decorrência de uma irritação do tecido nervoso é tão inexplicável quanto a aparição do Gênio quando Aladim esfregou a lâmpada.”

Além disso, muitos astrônomos acreditam que, em algum dia possam os encontrar vida em outros planetas, será provavelmente a vida microbiana que reinou em nossos mares por bilhões de anos. Em vez de grandes cidades e impérios, vamos os achar somente oceanos de microrganismos à deriva.

Quando entrevistei o biólogo de Harvard Stephen Jay Gould, hoje já falecido, sobre este assunto, ele explicou seu pensamento da seguinte maneira: Se fossem os criar um planeta gemêo da Terra com o qual ela era há 4,5 bilhões de anos, ele se tornaria idêntico ao que a Terra é hoje depois que se passassem 4,5 bilhões de anos? Provavelmente, não. Há uma grande probabilidade de que o DNA e a vida já mais brotassem, e uma probabilidade ainda maior de que a vida inteligente dotada de consciência já mais emergisse dos pântanos.

Gould escreveu: “O *Homo sapiens* é um galhinho [da árvore da vida]. (...) Mas

esse galhinho, para o bem e para o mal, desenvolveu a mais extraordinária qualidade de toda a história da vida multicelular desde a explosão cambriana (há 500 milhões de anos). Inventamos a consciência com todas as suas

consequências, de Hamlet a Hiroshima.”

De fato, no curso da história da Terra, foram muitas as vezes em que a vida inteligente quase se extinguiu. Além das extinções em massa que aniquilaram os dinossauros e quase todas as formas de vida, os humanos enfrentaram outras ameaças de extinção. Por exemplo: os humanos são geneticamente relacionados entre si em um grau considerável, muito mais próximo do que dois animais da mesma espécie. Em algum caso tenha uma aparência diferente, nossos genes e nossa química interna contam uma história distinta. Na verdade, quaisquer dois humanos são tão próximos os em termos de genes que podem os calcular mais precisamente quando um “Eva genética” e um “Adão genético”

deram origem a toda a raça humana. E podem os até calcular quantos de nós existiam no passado.

Os números são impressionantes. A genética mostra que havia somente centenas ou milhares de humanos vivos entre 70 e 100 mil anos atrás, e que eles deram à luz toda a raça humana (uma teoria sustenta que a explosão do vulcão Toba, na Indonésia, há cerca de 70 mil anos, provocou uma queda de

tem peratura tão drástica que eliminou a maior parte da raça humana, deixando uns poucos para povoar a Terra). Desse pequeno grupo de humanos vieram os aventureiros e exploradores que começaram a colonizar o planeta.

Como já foi dito, em muitos momentos da história da Terra a vida inteligente esteve perto de chegar ao fim. É um milagre termos sobrevivido. Podemos também concluir que, em breve possa existir vida em outros planetas, só pode haver vida consciente numa parcela mínima deles. Temos que valorizar muito a consciência encontrada na Terra. É a mais alta forma de complexidade conhecida no universo, e provavelmente a mais rara.

Às vezes, contemplando o porvir da raça humana, me vejo às vezes com a forte possibilidade de sua autodestruição. Apesar de erupções vulcânicas e terremotos terem o poder de condenar a raça humana à morte, o maior medo é de calamidades produzidas pelo homem, com as guerras nucleares ou germes criados pela bioengenharia. Se assim for, talvez a única forma de vida consciente na Via Láctea será extinta. Creio que será uma tragédia não só para nós, mas também para o universo. Temos absoluta certeza de que somos os conscientes, mas não compreendemos a longa e tortuosa sequência de eventos biológicos que conseguiram tornar isso possível. O psicólogo Steven Pinker disse: “Defendo que nada dá mais sentido à vida do que compreender que cada momento de

consciência é um dom precioso e frágil.”

O MILAGRE DA CONSCIÊNCIA

Por fim, uma crítica à ciência diz que entender algo significa revelar seu mistério e magia. Ao levantar o véu que esconde os segredos da natureza, a ciência a torna mais corriqueira e banal. Entretanto, quanto mais aprendo sobre a complexidade do cérebro, mais fico deslumbrado com o fato de nosso pescoço carregar o objeto mais sofisticado que conhecemos no universo. Como diz David Eagleman: “Que assombrosa obra de arte é o cérebro, e como somos os sortudos de pertencer a uma geração que tem a tecnologia e a vontade para chamar a atenção para essa obra de arte. É a coisa mais maravilhosa que descobrimos no universo, e somos nós.” Em vez de minimizar o deslumbramento, aprender sobre o cérebro só o aumenta.

Há mais de dois mil anos Sócrates já dizia: “Conhecer a ti mesmo é o começo da sabedoria.” Temos uma longa jornada até chegar lá.

6. *Wetware* refere-se à ideia de um “com putador biológico”, um a vez que a água é elem ento com um a todos os seres vivos (da j unção de *wet*, “m olhado”, com *ware*, em alusão ao sufixo das palavras *software* e *hardware*). (N. do R.T.)

APÊNDICE

CONSCIÊNCIA QUÂNTICA?

Apesar de todos os avanços m iraculosos em varreduras cerebrais e alta tecnologia, alguns afirm am que nunca com preenderem os o segredo da

consciência, que está além da nossa reles tecnologia. De fato, na visão delas a consciência é m ais do que átom os, m oléculas e neurônios, e determ ina a natureza da própria realidade. Para elas, a consciência é a entidade fundam ental, a origem da criação do m undo m aterial. E com o prova, referem -se a um dos m aiores paradoxos de toda a ciência, que desafia nossa definição de realidade: o paradoxo do Gato de Schrödinger. Até hoj e sem consenso universal, cientistas prem iados assum em posições divergentes sobre a questão. O que está em j ogo é nada m enos que a natureza da realidade e do pensam ento.

O paradoxo do Gato de Schrödinger chega aos fundam entos da m ecânica

quântica, o cam po que torna possíveis os lasers, as varreduras por IRM, o rádio e a TV, a eletrônica m oderna, o GPS e as telecom unicações, dos quais depende a econom ia m undial. Muitas previsões da teoria quântica passaram em testes com m argem de precisão de um a parte em cem bilhões.

Passei toda m inha carreira profissional trabalhando com a teoria quântica. E

ainda acho que é com o areia m ovedixa. É um a sensação desconfortável saber que o trabalho de m inha vida inteira se baseia num a teoria que tem os próprios fundam entos baseados em um paradoxo.

Esse debate foi iniciado pelo físico austríaco Erwin Schrödinger, um dos pais da teoria quântica. Ele estava tentando explicar o estranho com portam ento de elétrons, que pareciam exibir propriedades tanto de partículas quanto de ondas.

Com o pode um elétron, um a partícula pontual, ter dois com portam

entos divergentes? Às vezes os elétrons agiam com o um a partícula, criando rastros bem definidos num a câmara de nuvem. Outras vezes, os elétrons agiam com o um a onda, passando por furinhos e criando padrões de interferência de onda, com o as na superfície de um lago.

Em 1925, Schrödinger apresentou sua célebre equação de onda, que leva seu nome e é uma das equações mais importantes já escritas. Foi um sucesso imediato e lhe valeu o Prêmio Nobel em 1933. A equação de Schrödinger descreveu precisamente o comportamento do elétron com a onda e, quando aplicada ao átomo de hidrogênio, explicou suas estranhas propriedades.

Milagrosamente, a equação podia ser aplicada também a qualquer átomo, explicando quase todas as características dos elementos da tabela periódica.

Parecia que toda a química (e, portanto, toda a biologia) era apenas soluções

dessa equação de onda. Alguns físicos chegaram a afirmar que todo o universo, incluindo todas as estrelas, planetas e até nós, eram apenas soluções dessa equação.

Mas então os físicos começaram a se fazer uma pergunta problemática que ressoa até hoje: Se o elétron é descrito por uma equação de onda, então o que é a ondulação?

Em 1927, Werner Heisenberg propôs um novo princípio que dividiu os físicos.

O célebre princípio da incerteza de Heisenberg afirma que não se podem saber ao mesmo tempo, com certeza, a localização e o momento (o produto de sua massa pela sua velocidade) do elétron. Essa incerteza não derivava da

imprecisão dos instrumentos, mas era inerente à própria física. Nem Deus, nem ser celestial algum poderia saber com precisão a localização e o momento de um elétron.

Assim, a equação de onda de Schrödinger na verdade descrevia a probabilidade de se encontrar o elétron. Os cientistas tinham passado milhares de anos tentando a duras penas eliminar de seus trabalhos o acaso e as

probabilidades, e agora Heisenberg os trazia de volta.

A nova filosofia pode ser resumida da seguinte maneira: o elétron é uma partícula pontual, mas a probabilidade de encontrá-lo é dada por uma onda. E essa onda obedece à equação de Schrödinger, dando origem ao princípio da incerteza.

A partir da física partiu-se ao mesmo tempo. De um lado, físicos como Niels Bohr, Werner Heisenberg e a maioria dos físicos atômicos logo adotaram a nova formulação. Quase todos os dias eles anunciavam descobertas quanto à

compreensão das propriedades da matéria. Prêmios Nobel eram dados a físicos quânticos como os Oscars. A mecânica quântica estava se tornando um livro de receitas. Não era preciso ser um mestre em física para fornecer contribuições estelares — bastava seguir as receitas dadas pela mecânica quântica para fazer descobertas espantosas.

Do outro lado, físicos já idosos, premiados com o Nobel, como Albert Einstein, Erwin Schrödinger e Louis de Broglie levantaram objeções filosóficas.

Schrödinger, pai do trabalho desencadeador de todo esse processo, resmungou que, se soubesse que sua equação acabaria introduzindo a probabilidade dentro da física, jamais a teria criado.

Os físicos travaram um debate de oitenta anos, que persiste até hoje. Se Einstein afirmava que “Deus não joga dados com o mundo”, ouviu-se Niels Bohr responder: “Pare de dizer a Deus o que fazer.”

Em 1935, para arruinar os físicos quânticos de uma vez por todas, Schrödinger propôs seu famoso problema do gato. Coloque o gato numa caixa selada, com um frasco de gás venenoso. Dentro da caixa, há um pouco de urânio. O átomo de urânio é instável e emite partículas que podem ser detectadas por um contador Geiger. O contador aciona um martelo, que cai e quebra o vidro, liberando o gás,

que pode matar o gato.

Como se descreve o gato? Um físico quântico diria que o átomo de urânio é descrito por uma onda, que tanto pode decair como não decair. Portanto, é preciso adicionar essas duas ondas juntas. Se o urânio decair, o gato morre, e isso é descrito por uma onda. Se o urânio não decair, então o gato vive, o que também é descrito por uma onda. Para descrever o gato, então, é preciso somar a onda do gato morto com a onda do gato vivo.

Isso significa que o gato não está morto nem vivo! O gato está num mundo do nunca, entre a vida e a morte, na soma da onda que descreve um gato morto com a onda do gato vivo.

Esse é o xis do problema, que vem reverberando pelo mundo da física por quase um século. E com o se resolve esse paradoxo? Há pelo menos três maneiras (e centenas de variações dessas três).

A primeira é a interpretação original de Copenhague, proposta por Bohr e Heisenberg, citada nos livros didáticos do mundo inteiro (e por onde com o ensino da mecânica quântica). Nessa interpretação, para se determinar o estado do gato é preciso abrir a caixa e fazer uma medição. A onda do gato (que é a soma do gato morto com o gato vivo) “colapsa” em uma onda só, de modo que agora se sabe que o gato está vivo (ou morto). Assim, a observação determina a existência e o estado do gato. O processo de medição é, portanto, responsável pela mágica dissolução de duas ondas em uma.

Einstein odiava isso. Durante séculos os cientistas com bateram o chamado

“solipsismo” ou “idealismo subjetivo”, ou seja, os objetos só existem se alguém os observa. Apenas a mente é real — o mundo material só existe com as ideias na mente. Portanto, dizem os solipsistas (como o bispo George Berkeley), se uma árvore cai na floresta sem ninguém por perto observando, então talvez a árvore nem tenha caído. Einstein, que achava tudo isso pura bobagem, propôs uma teoria oposta, chamada “realidade objetiva”, dizendo simplesmente que o universo existe em um estado único, definido, independentemente de qualquer observação humana. É o conceito com o qual a maioria das pessoas.

A realidade objetiva remonta a Isaac Newton. Nesse cenário, o átomo e as partículas subatômicas são como bolinhas de aço, que existem em pontos definidos no espaço e tempo. Não há ambiguidade nem acaso para localizar a posição dessas bolinhas, que seguem as leis do movimento. A realidade objetiva teve grande sucesso na descrição dos movimentos dos planetas, estrelas e galáxias. Usando a relatividade, essa ideia também descreve buracos negros e o universo em expansão. Mas há um lugar em que ela infelizmente falha: dentro do átomo.

Os físicos clássicos, como o Newton e Einstein, pensavam que a realidade objetiva finalmente eliminava o solipsismo da física. O jornalista Walter Lippmann resumiu: “A novidade radical da ciência

m oderna está precisam ente

na rej eição da crença (...) de que as forças que m ovem as estrelas e os átom os dependem das preferências do coração hum ano.”

Mas a m ecânica quântica deixou entrar m ais um a vez na física um a nova form a de solipsism o. Nesse quadro, antes que sej a observada, um a árvore pode existir em qualquer estado possível (por exem plo, brotando, queim ada, transform ada em serragem , palitos de dentes, caída). Mas quando se olha para ela, a onda subitam ente colapsa, e se vê a form a de árvore. Os solipsistas anteriores falavam em árvores caídas ou não caídas. Os novos solipsistas quânticos introduziram *todos* os estados possíveis da árvore.

Isso foi dem ais para Einstein. Em sua casa, perguntava aos convidados: “A Lua existe porque um ratinho olha para ela?” Para um físico quântico, em certo sentido a resposta pode ser sim .

Einstein e seus colegas desafiaram Bohr, perguntando com o o m icrom undo quântico (com gatos sim ultaneam ente vivos e m ortos) coexistia com o m undo do senso com um que todos vem os? A resposta era a existência de um a “parede”

separando nosso m undo do m undo atôm ico. De um lado da parede, rege o senso com um . Do outro, rege a teoria quântica. Mesm o que a parede se m ova, os resultados continuam os m esm os.

Essa interpretação, por estranha que sej a, é ensinada há oitenta anos pelos físicos quânticos. Recentem ente, recaíram algum as dúvidas sobre a interpretação de Copenhague. Hoj e tem os a nanotecnologia, que perm ite m anipular átom os um a um , à vontade. Na tela de um m icroscópio de tunelam ento com varredura, os átom os parecem bolinhas de tênis difusas. (Para a BBC, tive a oportunidade de visitar o Alm aden Lab da IBM em San Jose, na Califórnia, e, com um a m inúscula sonda, realm ente em purrei átom os, um de cada vez. Hoj e é possível brincar com os átom os, antes considerados tão pequenos que j am ais seriam enxergados.)

Com o j á discutim os, a Idade do Silício está chegando lentam ente ao fim , e há quem diga que os transistores de tal m aterial serão substituídos pelos m oleculares.

Se assim for, no futuro, os paradoxos da teoria quântica poderão estar dentro de cada com putador. A econom ia m undial pode vir a depender desses paradoxos.

CONSCIÊNCIA CÓSMICA E UNIVERSOS MÚLTIPLOS

Há duas interpretações alternativas para o paradoxo do gato que nos levam aos domínios mais estranhos da ciência: o reino de Deus e os múltiplos universos.

Em 1967, a segunda resolução do problema do gato foi formulada pelo

ganhador do Prêmio Nobel Eugene Wigner, cujo trabalho foi crucial para os fundamentos da mecânica quântica e também para a construção da bomba

atômica. Ele disse que só uma pessoa consciente pode fazer uma observação que colapse a função de onda. Mas quem disse que essa pessoa existe? Não se pode separar o observador do observado, então talvez esta pessoa também esteja morta ou viva. Portanto, deve haver uma nova função de onda que inclua o gato e o observador. Para garantir que o observador esteja vivo, é necessário um segundo observador para vigiar o primeiro. Esse segundo observador, chamado de “amigo de Wigner”, é necessário para vigiar o primeiro, de modo que todas as ondas colapsem. Mas com o que se sabe que o segundo observador está vivo? O

segundo observador deve ser incluído em uma função de onda ainda mais extensa, para garantir que ele está vivo, mas isso pode continuar indefinidamente.

Com o que é necessário um número infinito de “amigos” para colapsar a função de onda anterior garantindo que estão vivos, acaba sendo necessária alguma forma de “consciência cósmica”, ou Deus.

Wigner concluiu que “não era possível formular as leis (ou a teoria quântica) de modo coerente sem fazer referência à consciência”. No fim da vida, ele chegou a se interessar pela filosofia vedanta do hinduísmo.

Nessa abordagem, Deus ou alguma consciência eterna observa a todos,

colapsando nossas funções de onda, de modo que podem os dizer que estão vivos. Essa interpretação fornece os mesmos resultados físicos que a de Copenhague; portanto, essa teoria não pode ser refutada. Mas sugere que a consciência é a entidade fundamental no universo, mais fundamental que os átomos. O mundo material pode ir e vir, mas a consciência permanece com o elemento

definidor, significando que a consciência, de certo modo, cria a realidade. A própria existência dos átomos que nos rodeiam se baseia em nossa capacidade de vê-los e tocá-los.

Neste ponto, é importante notar que, para algumas pessoas, se a consciência determina a existência, então a consciência pode controlar a existência, talvez por mediação. Elas pensam que podem criar a realidade de acordo com nossos desejos. Essas pensam, portanto, por mais atraente que possa soar, contrária à mecânica quântica. Na física quântica, a consciência faz observações e assim determina o estado da realidade, mas a consciência não pode escolher com antecedência qual estado de realidade de fato existe. A mecânica quântica permite determinar a chance de encontrar um estado, mas não podem os curvar a realidade aos nossos desejos. Por exemplo, num jogo de pôquer, é possível calcular imediatamente as chances de se obter um *royal straight flush*.

Contudo, isso não significa que, de alguma forma, seja possível controlar as cartas para recebê-lo. Não é possível escolher universos, assim como não podem os controlar se o gato está morto ou vivo.

MÚLTIPLOS UNIVERSOS

A terceira forma de resolver o paradoxo do gato é a interpretação de Everett, ou de muitos mundos, proposta em 1957 por Hugh Everett. É a teoria mais estranha de todas, afirmando que o universo está constantemente se dividindo em um multiverso de universos. Em um universo, tem o gato morto. Em outro, o gato está vivo. Essa abordagem pode ser resumida dizendo que as funções de onda nunca colapsam, apenas se dividem. A teoria de muitos mundos de Everett difere da interpretação de Copenhague somente por eliminar a última suposição

— o colapso da função de onda. De certo modo, é a formulação mais simples da mecânica quântica, mas também a mais perturbadora.

Há profundas consequências dessa terceira abordagem. Significa que todos os universos possíveis talvez existam, mesmo os bizarros, aparentemente impossíveis (contudo, quanto mais bizarro o universo, mais improvável).

Assim, as pessoas que morreram no nosso universo ainda estão vivas em outro.

E essas pessoas mortas insistem que o universo delas é o correto, enquanto o nosso (onde estão mortas) é falso. Mas se esses “fantasm

as” de pessoas mortas ainda estão vivos em algum lugar, por que não conseguimos os encontrá-los? Por que não podem os tocar nesses mundos paralelos? (Por incrível que pareça, dentro dessa perspectiva, Elvis ainda está vivo em um desses universos.) Além disso, alguns dos universos podem estar mortos, sem vida nenhuma, enquanto outros podem ser exatamente como o nosso, exceto por uma diferença crucial. Por exemplo, a colisão de um único raio cósmico é um evento quântico minúsculo. Mas o que acontece se esse raio cósmico cai na mãe de Adolf Hitler, e o menino morre por aborto? Então, um evento quântico minúsculo, a colisão de um único raio cósmico, causa a divisão do universo ao meio. Em um universo, a Segunda Guerra Mundial nunca existiu e sessenta milhões de pessoas não morreram. No outro, tem a devastação da Segunda Guerra Mundial. Esses dois universos vão se afastando até ficarem bem diferentes, embora tenham sido separados por um evento quântico minúsculo.

Esse fenômeno foi explorado pelo escritor de ficção científica Philip K. Dick no romance *O homem do castelo alto*, em que um universo paralelo se abre por causa de um único evento: uma bala é disparada e Franklin Roosevelt morre assassinado. Esse acontecimento faz com que os Estados Unidos não se preparem para a Segunda Guerra Mundial. Os nazistas e japoneses vencem e acabam dividindo os Estados Unidos ao meio.

Porém, a bala dispara ou falha dependendo de uma faísca microscópica atingir ou não a pólvora que, por sua vez, depende de reações moleculares com plexos envolvendo movimentos de elétrons. Assim, talvez as flutuações quânticas na pólvora determinem se a arma dispara ou não, o que determina, por sua vez, se são os aliados ou os nazistas que saem vitoriosos da Segunda Guerra Mundial.

Assim, não há “parede” separando o mundo macro do quântico. As

características bizarras da teoria quântica podem penetrar em nosso mundo do

“senso comum”. Essas funções de onda nunca colapsam – continuam se

dividindo eternamente em realidades paralelas. A criação de universos alternativos não para nunca. Os paradoxos do micromundo (isto é, estar vivo e morto simultaneamente, estar em dois lugares ao mesmo tempo, desaparecer e reaparecer em outro local) agora entram também em nosso mundo.

Mas se a função de onda está sem pre se dividindo, criando universos

inteiramos em novos nesse processo, então por que não podemos os visitá-los?

Steven Weinberg, ganhador do prêmio Nobel, faz um paralelo com ouvir rádio na sala de casa. Há centenas de ondas de rádio simultâneas enchendo a sala, vindas de todo o universo inteiro, mas o rádio está sintonizado em uma só frequência. Em outras palavras, o rádio está em “decoerência” com todas as outras estações (coerência significa que todas as ondas estão vibrando

perfeitamente em uníssono, com o mesmo feixe de raios laser; a decoerência se dá quando essas ondas ficam fora de fase, portanto, não vibram mais em uníssono).

Todas as outras frequências continuam existindo, mas o rádio não as capta porque elas não estão vibrando na mesma frequência que foi sintonizada. Elas se desacoplaram, isto é, estão em decoerência com a frequência selecionada.

Do mesmo modo, as funções de onda do gato morto e do gato vivo entram em decoerência com o passar do tempo. As implicações são bastante perturbadoras.

Na sala de casa, podemos coexistir com ondas de dinossauros, piratas, alienígenas do espaço, monstros. Mas ficam os tranquilos, sem ter a mínima noção de estarmos compartilhando o mesmo lugar com esses habitantes do espaço quântico, porque nossos átomos não estão mais vibrando em uníssono com eles. Esses universos paralelos não existem numa terra do nunca distante.

Eles existem na sala da nossa casa.

A entrada em um desses mundos paralelos é chamada de “salto quântico” e é o artifício preferido da ficção científica. Para entrar em um universo paralelo, é preciso pular para dentro dele. (Houve até uma série de TV chamada *Sliders* –

Dimensões paralelas, em que os personagens entravam e saíam de universos paralelos. A série começa com um menino lendo um livro. Na verdade, é um livro meu, *Hiperespaço*, mas não assumo nenhuma responsabilidade pela física por trás da série.)

E não é tão simples pular de um universo para outro. Um dos problemas que às vezes passam aos alunos de doutorado é calcular

a probabilidade de saltar contra uma parede de tijolos e ir parar do outro lado dela. O resultado é um balde de água fria. Seria preciso esperar mais que o tempo de vida do universo para vivenciar um salto através de uma parede de tijolos.

OLHANDO NO ESPELHO

Quando me olho no espelho, não me vejo o como o real me é. Em primeiro lugar, me vejo a uma distância de um bilionésimo de segundo atrás, que é o tempo necessário para um feixe de luz sair do meu rosto, atingir o espelho e entrar nos meus olhos. Segundo, a imagem que vejo é na verdade uma média de bilhões e mais bilhões de funções de onda. Essa média certamente se parece com minha imagem, mas não é exata. Ao redor, múltiplas imagens minhas ondulam em todas as direções. Estou constantemente cercado de universos alternativos, ramificando-se eternamente em diferentes mundos, mas a possibilidade de deslizar de um para outro é tão ínfima que a mecânica newtoniana parece estar correta.

Neste ponto, alguns perguntam: Por que os cientistas não fazem logo um experimento para determinar qual interpretação é válida? Se fizermos um experimento com um elétron, todas as três interpretações darão o mesmo resultado. Portanto, as três são interpretações sérias e viáveis da mecânica quântica, de acordo com a mesma teoria quântica subjacente. A diferença está na forma de explicar os resultados.

Daqui a centenas de anos, físicos e filósofos talvez ainda estejam debatendo essa questão, sem chegar a nenhuma conclusão, porque todas as três

interpretações dão os mesmos resultados físicos. Mas talvez haja um caminho nesse debate filosófico que passe pelo cérebro, e trata-se do livre-arbítrio que, por sua vez, afeta os alicerces morais da sociedade humana.

LIVRE-ARBÍTRIO

Toda a nossa civilização se baseia no conceito de livre-arbítrio, com im pactos nos conceitos de recompensa, punição e responsabilidade pessoal. Mas existe realmente o livre-arbítrio? Ou é uma forma engenhosa de manter a sociedade unida, mesmo violando princípios científicos? A controvérsia chega ao cerne da própria mecânica quântica.

É seguro dizer que cada vez mais cientistas chegam à conclusão de que o livre-arbítrio não existe, ao menos no sentido usual. Se certos comportamentos estranhos podem ser atribuídos a defeitos identificados no cérebro, então uma pessoa não é cientificamente

responsável pelos crimes que possa cometer. Ela pode ser perigosa demais para andar à solta nas ruas, e deve ser trancafiada em algum tipo de instituição; mas punir alguém por ter um derrame ou tumor no cérebro é injusto, dizem os cientistas. A pessoa precisa é de ajuda médica e psicológica. Talvez o dano cerebral possa ser tratado (por exemplo, removendo um tumor) e ela possa se tornar um membro produtivo da sociedade.

Quando entrevistei o dr. Simon Baron-Cohen, psicólogo da Universidade de

Cambridge, ele me disse que muitos (mas não todos) assassinos patológicos têm alguma anomalia cerebral. A varredura do cérebro mostra que eles não têm empatia pelo sofrimento dos outros e de fato podem até sentir prazer em vê-los sofrer (nesses indivíduos, a amígdala e o núcleo accumbens, o centro do prazer, se iluminam quando assistem a vídeos de pessoas sentindo dor).

A conclusão que se pode tirar daí é que essas pessoas não são realmente responsáveis por seus atos hediondos mas, mesmo assim, deveriam ser isoladas da sociedade. Elas precisam de ajuda, não punição, devido ao problema que têm no cérebro. Em certo sentido, não agem com livre-arbítrio quando cometem um crime.

Um experimento conduzido pelo dr. Benjamin Libet, em 1985, lança dúvidas sobre a própria existência de livre-arbítrio. Digam os que se peça às cobaias que observem um relógio e prestem atenção na posição exata do ponteiro quando decidirem mover um dedo. Usando varreduras por EEG, pode-se detectar exatamente quando o cérebro toma a essa decisão. Comparando os dois instantes, encontra-se um deslocamento. As varreduras do EEG mostram que o cérebro, na verdade, toma a decisão cerca de 300 milissegundos antes que a pessoa fique ciente.

Isso significa que, de certo modo, o livre-arbítrio é falso. As decisões são tomadas com antecedência pelo cérebro, sem intervenção consciente, e depois o cérebro tenta encobrir o feito (com o que é seu costume), afirmando que a decisão foi consciente. O dr. Michael Sweeney conclui que “os resultados de Libet indicam que o cérebro sabe o que a pessoa vai decidir *antes* que ela o faça. (...) O mundo precisa reavaliar não só a ideia da divisão dos movimentos em voluntários e involuntários, mas também a própria noção de livre-arbítrio”.

Tudo isso parece indicar que o livre-arbítrio, a base da sociedade, é

um a ficção, um a ilusão criada pelo cérebro esquerdo. Então som os senhores do nosso destino, ou m eros peões num a fraude perpetrada pelo cérebro?

Há várias m aneiras de abordar essa antiga questão. O livre-arbítrio contraria um a filosofia cham ada determ inism o, que sim plesm ente considera todos os eventos com o sendo determ inados por leis da física. De acordo com o próprio Newton, o universo é um a espécie de relógio, funcionando desde o início dos tem pos, de acordo com as leis do m ovim ento. Assim , todos os eventos são previsíveis.

A questão é: fazem os parte desse relógio? Todas as nossas ações são tam bém determ inadas? Essas questões têm im plicações filosóficas e teológicas. Por exem plo, quase todas as religiões aderem a algum a form a de determ inism o e predestinação. Com o Deus é onipotente, onisciente e onipresente, Ele conhece o futuro e o determ ina com antecedência. Mesm o antes de você nascer, Ele sabe se você vai para o Céu ou para o Inferno.

A Igrej a Católica se dividiu exatam ente por essa questão, durante a revolução

protestante. Segundo a doutrina católica na época, era possível alterar o destino obtendo um a indulgência, geralm ente em troca de generosas doações financeiras à Igrej a. Em outras palavras, o determ inism o podia ser alterado de acordo com o tam anho da carteira. Martinho Lutero destacou especificam ente a corrupção da Igrej a com as indulgências em suas 95 Teses, que afixou na porta de um a igrej a, em 1517, deflagrando a Reform a Protestante. Essa foi um a das razões básicas para a cisão da Igrej a, que causou a m orte de m ilhões e espalhou destruição em regiões inteiras da Europa.

Porém , depois de 1925, a incerteza foi introduzida na física pela m ecânica quântica. De repente, tudo se tornou incerto; só se podia calcular a probabilidade.

Nesse sentido, talvez o livre-arbítrio realm ente exista, e é um a m anifestação da m ecânica quântica. Por isso alguns afirm am que a teoria quântica restabelece o conceito de livre-arbítrio. Os determ inistas contra-atacaram , declarando que os efeitos quânticos são extrem am ente pequenos (no nível dos átom os), pequenos dem aís para dar conta do livre-arbítrio dos seres hum anos.

A situação hoj e, na verdade, está bastante confusa. Talvez a pergunta “Existe livre-arbítrio?” sej a parecida com “O que é vida?”. A

descoberta do DNA tornou obsoleta essa pergunta sobre a vida. Agora sabem os que a questão tem muitas camadas e complexidades. Talvez o mesmo se aplique ao livre-arbítrio, e há muitos tipos.

Se assim for, a própria definição de “livre-arbítrio” se torna ambígua. Por exemplo, uma forma de definir o livre-arbítrio é verificando se o

comportamento pode ser previsto. Se existe o livre-arbítrio, então o

comportamento não pode ser determinado com antecedência. Digamos que você está assistindo a um filme. A trama é completamente determinada, sem nenhum livre-arbítrio. Então, o filme é completamente previsível. Mas nosso mundo não pode ser como um filme, por duas razões. A primeira é a teoria quântica, com os quânticos. O filme representa apenas uma linha de tempo possível. A segunda é a teoria do caos. Em suma, a física clássica diga que todos os movimentos dos átomos são completamente determinados e previsíveis, na prática é impossível prever tais movimentos, porque há muitos átomos envolvidos. A mais leve perturbação em um só átomo pode ter um efeito cascata nos movimentos, criando enormes perturbações.

Pense na previsão do tempo, por exemplo. Em princípio, sabendo o

comportamento de cada átomo no ar, seria possível prever o tempo de daqui a cem anos, caso tenhamos um computador grande o suficiente. Mas na prática, isso é impossível. Depois de apenas algumas horas, o tempo fica tão turbulento e complexo que qualquer simulação no computador torna-se inútil.

Isso cria o chamado “efeito borboleta” — até um bater de asas de uma borboleta é capaz de provocar pequenas ondulações na atmosfera, que crescem e podem causar um terremoto. Assim, se até o bater de asas de uma borboleta

pode causar terremotos, acreditar que se consegue prever o tempo com precisão é uma fantasia.

Voltemos ao experimento que Stephen Jay Gould me descreveu, sobre o pensamento. Ele me pediu para imaginar a Terra há 4,5 bilhões de anos, quando nasceu. Agora imagine que você conseguiu criar uma cópia idêntica da Terra e a deixou evoluir. Será que os humanos também teriam surgido nessa outra Terra depois de 4,5 bilhões de anos?

É natural pensar que, pelos efeitos quânticos ou pela natureza caótica do tempo e dos oceanos, a evolução já mais levaria a humanidade às

m esm as

características das criaturas daquela versão da Terra. Enfim , parece que a com binação de incerteza e caos torna im possível um m undo perfeitam ente determ inístico.

O CÉREBRO QUÂNTICO

Esse debate tam bém afeta a engenharia reversa do cérebro. Se for possível aplicá-la com êxito, tornando o cérebro um conj unto de transistores, então o cérebro é determ inístico e previsível. Para qualquer pergunta, ele sem pre repetirá a m esm a resposta. Dessa form a, os com putadores são determ inísticos, porque sem pre dão a m esm a resposta para todas as perguntas.

Parece que tem os um problem a. Por um lado, a m ecânica quântica e a teoria do caos afirm am que o universo não é previsível e, portanto, é preciso existir o livre-arbítrio. Mas um cérebro construído por engenharia reversa, feito de transistores, por definição será previsível. Com o esse cérebro teorizam ente é idêntico ao cérebro vivo, então o cérebro hum ano tam bém é determ inístico e não há livre-arbítrio. É claro que isso contradiz a prim eira afirm ação.

Um a m inoria de cientistas declara que não se consegue fazer um a engenharia reversa autêntica do cérebro, nem m esm o criar um a m áquina que realm ente pense, por causa da teoria quântica. Argum entam que o cérebro é um dispositivo quântico, não apenas um conj unto de transistores. Assim , esse proj eto está condenado ao fracasso. Nesse cam po atua o físico de Oxford, autoridade na teoria da relatividade de Einstein, dr. Roger Penrose. Ele afirm a que os processos quânticos podem ser os responsáveis pela consciência do cérebro hum ano.

Penrose com eçou dizendo que o m atem ático Kurt Gödel provou que a aritm ética é incom pleta; isto é, existem afirm ações verdadeiras na aritm ética que não podem ser provadas usando os axiom as da própria disciplina.

Analogam ente, não só a m atem ática é incom pleta, m as tam bém a física. Ele conclui dizendo que o cérebro é basicam ente um dispositivo m ecânico quântico e que há problem as que nenhum a m áquina resolve, devido ao teorem a da

incom pletude de Gödel. Mas os hum anos conseguem entender esses enigmas usando a intuição.

Do mesmo modo, o cérebro criado por engenharia reversa, por mais

completo que seja, não passa de um conjunto de transistores e fios. Em um sistema determinista como o esse, pode-se prever exatamente seu comportamento futuro porque as leis do movimento são bem conhecidas. Em um sistema quântico, porém, o sistema em si é inerentemente imprevisível. Só é possível calcular a probabilidade de ocorrer um evento por causa do princípio da incerteza.

Se chegarem à conclusão de que o cérebro da engenharia reversa não

consegue reproduzir o comportamento humano, então os cientistas podem ser obrigados a admitir que há forças imprevisíveis em ação (isto é, efeitos quânticos dentro do cérebro). Penrose argumenta que dentro do neurônio há minúsculas estruturas, chamadas microtúbulos, onde reinam os processos quânticos.

No momento, não há consenso sobre esse problema. A julgar pelas reações às ideias de Penrose logo que foram apresentadas, é prudente dizer que a maior parte da comunidade científica vê sua abordagem com ceticismo. Mas a ciência não é conduzida por pesquisas de popularidade, e seus avanços dependem de teorias que podem ser testadas, reproduzidas, ou provadas como sendo falsas.

De minha parte, acredito que os transistores não conseguem modelar de fato todos os comportamentos dos neurônios, que executam cálculos tanto analógicos como digitais. Sabemos que os neurônios são confusos. Podem variar, errar, envelhecer, morrer, e são sensíveis ao ambiente. Portanto, isso indica que um conjunto de transistores consegue apenas se aproximar do comportamento dos neurônios. Por exemplo, vimos na discussão sobre a física do cérebro que se o axônio do neurônio ficar mais fino como ele varia, e passa a não realizar as reações químicas como deveria. Alguns desses vazamentos e erros nos disparos são devidos a efeitos quânticos. À medida que afinamos os neurônios mais finos, mais densos e mais rápidos, tais efeitos ficam mais óbvios. Isso significa que mesmo os neurônios normais estão sujeitos a vazamentos e instabilidades, e esses problemas existem tanto em relação à física clássica quanto à mecânica quântica.

Concluindo, um robô construído por engenharia reversa será um a

aproximação boa, mas não perfeita, do cérebro humano.

Discordando de Penrose, acho que é possível criar um robô determinístico feito de transistores, que aparente ter consciência, mas sem

nenhum livre-arbítrio. E vai passar no teste de Turing. Mas acho que haverá diferenças entre um robô desse tipo e um ser humano, por causa desses minúsculos efeitos quânticos.

Por fim, acho que o livre-arbítrio provavelmente existe, mas não aquele defendido pelos individualistas radicais, que afirmam ser senhores absolutos de seu destino. O cérebro é influenciado por milhares de fatores inconscientes que

nos predispoem a fazer certas escolhas com antecedência, mas mesmo acreditando tê-las feito por vontade própria. Isso não significaria necessariamente que somos os atores em um filme e que pode ser rebobinado à vontade. O final do filme ainda não foi escrito, e o determinismo radical é destruído por uma combinação sutil de efeitos quânticos com a teoria do caos. Afinal, ainda somos os senhores do nosso destino.

NOTAS

INTRODUÇÃO

17 Seria preciso viajar: Para ter uma noção disso, é preciso definir “complejo”

em termos da quantidade total de informações que podem ser

armazenadas. A rival mais próxima do cérebro pode ser a informação

contida no nosso DNA. Há três bilhões de pares de bases em nosso

DNA, cada um contendo um dos quatro ácidos nucleicos, rotulados A,

T, C, G. Portanto, a quantidade total de informações que podem os

armazenar no DNA é quatro elevado à potência de três bilhões. Mas o

cérebro pode armazenar muito mais informações em seus cem bilhões de neurônios, que podem disparar ou não. Consequentemente, o

número de estados iniciais possíveis no cérebro humano é dois elevado à potência de cem bilhões. E enquanto o DNA é estático, os estados do

cérebro mudam a cada poucos milissegundos. Um momento pensam

pode conter cem gerações de disparos neurais. Logo, em cem gerações, o número de pensamentos possíveis é dois elevado a cem bilhões, e tudo isso elevado à potência de cem. Mas nosso cérebro dispara continuamente, dia e noite, com putando sem cessar. Portanto, o número total de pensamentos possíveis em n gerações é dois elevado à potência de cem bilhões, e tudo isso elevado à potência n , o que é um resultado astronômico. Logo, a quantidade de informações que pode ser armazenada no cérebro excede em muito a que é armazenada em

nosso DNA. Na verdade, é a maior quantidade de informações que podem armazenar em nosso sistema solar, e até, possivelmente, em nosso setor da Via Láctea.

21 **“Os *insights* mais valiosos”** : Boleyn-Fitzgerald, p. 89.

21 **“Todas essas questões que os filósofos”** : Boleyn-Fitzgerald, p. 137.

1. DESVENDANDO A MENTE

31 **Ficou semiconsciente durante semanas:** Ver Sweeney, pp. 207-8.

31 **O dr. John Harlow, o médico que tratou:** Carter, p. 24.

33 **No ano de 43 d.C. há registros:** Horstmann, p. 87.

34 **“Parecia... que eu estava na porta:** Carter, p. 28.

48-49 **O CÉREBRO TRANSPARENTE:** *New York Times*, 10 de abril de 2013, p. 1.

53 **“as emoções não são sentimentos”** : Carter, p. 83.

53 **a mente é mais parecida com uma “sociedade de mentes”** : Entrevista com dr.

Minsky para a série da BBC *Visions of the Future*, fevereiro de 2007. E também entrevista para o programa de rádio *Science Fantastic*, novembro de 2009.

53 **a consciência é como uma tempestade:** Entrevista com dr.

Pinker em setem bro de 2003, para o program a de rádio *Exploration*.

53 **“o sentimento intuitivo que temos de que existe um ‘eu’”** :
Pinker, “The Riddle of Knowing You’re Here”, em *Your Brain: A User’s Guide* (Nova York : Tim e Inc. Specials, 2011).

53 **A consciência consiste em:** Boley n-Fitzgerald, p. 111.

57 **“de fato um sistema consciente”** : Carter, p. 52.

57 **perguntei como podem ser feitos experimentos:** Entrevista com
dr. Michael Gazzaniga em setem bro de 2012 para o program a de
rádio *Science*

Fantastic.

58 **“As implicações possíveis”** : Carter, p. 53.

58 **“O que acontece quando essa pessoa morre?”** : Boley n-
Fitzgerald, p. 119.

58 **um jovem rei que herda o trono:** Entrevista com dr. David
Eaglem an em m aio de 2012 para o program a de rádio *Science*
Fantastic.

59 **“pessoas chamadas Denise ou Denis”** : Eaglem an, p. 63.

59 **“pelo menos 15% das mulheres”** : Eaglem an, p. 43.

2. CONSCIÊNCIA – O PONTO DE VISTA DE UM FÍSICO

60 **“Não conseguimos ver a luz ultravioleta”** : Pinker, *How the Mind Works*, pp.

561-65.

61 **“Todo mundo sabe o que é consciência”** : *Biological Bulletin* 215,
n.3

(dezem bro de 2008): 216.

64 **Explicaremos isso nas Notas:** O Nível II de consciência pode ser
calculado contando o total de ciclos de feedback distintos nas
interações de um

anim al com os m em bros de sua espécie. Num a aproximação
grosseira, o Nível II de consciência de um dado anim al pode ser estim

ado

multiplicando-se a quantidade de outros animais no bando pela quantidade de emoções ou gestos distintos que o animal usa para se comunicar. Mas essa primeira estimativa requer considerações.

Por exemplo, animais como o lince são sociais, embora sejam caçadores solitários, o que pode dar a entender que só há um animal no bando. Mas isso só vale durante a caçada. Na época do acasalamento, os lincees cumprim rituais complexos, o que deve ser levado em conta para o Nível II de

consciência.

Além disso, quando as fêmeas dão à luz, a ninhada precisa ser cuidada e alimentada, aumentando consequentemente o número de interações sociais.

Assim, mesmo no caso de caçadores solitários, a quantidade de animais contados nas interações não é igual a um, e a quantidade total de ciclos distintos de feedback pode ser bem grande.

E se o número de lobos numa alcateia diminuir, pode parecer que a classificação atribuída ao Nível II de consciência também diminuiria. No entanto, para considerar essas variações, precisamos introduzir o conceito de grau médio do Nível II para toda a espécie, bem como o um Nível II

específico de consciência para cada um dos animais.

O grau médio do Nível II de consciência da espécie não muda se o bando diminuir, porque vale para toda a espécie, mas o grau do Nível II para um indivíduo muda (pois muda a consciência e atividade mental).

Aplicado aos humanos, o grau médio do Nível II deve levar em conta o número de Dunbar, igual a 150, que representa aproximadamente o número de pessoas em nosso grupo social com quem podemos manter contato.

Assim, o grau do Nível II de consciência dos humanos, como o de uma espécie, seria a quantidade total de emoções e gestos distintos que usamos para nos comunicar multiplicada pelo número de Dunbar,

150. (Cada indivíduo pode ter diferentes graus no Nível II de consciência, já que seus círculos sociais e

modos de interagir com eles podem variar consideravelmente.) É preciso considerar que certos organismos no Nível I de consciência

(com os insetos e répteis) podem manifestar comportamentos sociais. Quando esbarram umas nas outras, as formigas trocam informações por meio de odores de substâncias químicas, enquanto que as abelhas dançam para

comunicar a localização de canteiros. Os répteis têm até um sistema límbico primitivo. Mas em geral não manifestam emoções.

65 “A diferença entre o homem” : Gazzaniga, p. 27.

65 “A maior conquista do cérebro humano” : Gilbert, p. 5.

65 “área 10 (a camada granular interna IV)” : Gazzaniga, p. 20.

67 o macho fica confuso porque quer: Eaglem an, p. 144.

74 “Prevejo que os neurônios espelho” : Brockman, p. xiii.

77 O biólogo dr. Carl Zimmer escreve: Bloom , p. 51.

77 “na maior parte do tempo, devaneamos” : Bloom , p. 51.

78 Perguntei a uma pessoa que poderia: Entrevista com dr. Michael Gazzaniga em setembro de 2012 para o programa de rádio *Science Fantastic*.

78 “é o hemisfério esquerdo” : Gazzaniga, p. 85.

3. TELEPATIA – UM DOCE PELO QUE VOCÊ ESTÁ PENSANDO

84 De fato, num recente “Next 5 in 5” : <http://www.ibm.com/5in5>.

85 Tive o prazer de conhecer o laboratório: Entrevista com dr. Gallant em 11 de julho de 2012, na Universidade da Califórnia em Berkeley. Entrevista

com dr. Gallant também para o programa de rádio *Science Fantastic*.

85 “Isso é um salto muito importante” : *Berkeleyan Newsletter*, 22 de setembro de 2011, <http://newscenter.berkeley.edu/2011/09/22/brain->

m ovies.

87 “Tomando duzentos vóxeis”: Brockman, p. 236.

88 o dr. Brian Pasley e seus colegas: Visita ao laboratório do dr. Pasley em 11 de julho de 2012, na Universidade da Califórnia, Berkeley.

88 Resultados semelhantes foram obtidos: The Brain Institute, Universidade de Utah, Salt Lake City, <http://brain.utah.edu>.

89 Isso pode ter aplicação para artistas: [http://io9.com/5423338a-device-that-](http://io9.com/5423338a-device-that-lets-you-pe-with-your-mind)

[lets-you-pe-with-your-mind](http://io9.com/5423338a-device-that-lets-you-pe-with-your-mind).

89 Segundo seus representantes: <http://news.discovery.com/tech/you-pe-with-your-mind-110309.html>.

m ind-110309.html.

91 explorado pelo dr. David Poeppel: *Discover Magazine Presents the Brain*, primavera de 2012, p. 43.

92 Em 1993, na Alemanha, o dr. Bernhard Blümich: *Scientific American*, novembro de 2008, p. 68.

93 A única justificativa para sua existência: Garreau, pp. 23-24.

94 Uma vez almocei com um ex-diretor: Sim pósis sobre o futuro da ciência, patrocinado pelo Science Fiction Channel no Chabot Space and Science

Center, Oakland, Califórnia, em maio de 2004.

94 Em outra ocasião: Conferência em Anaheim, Califórnia, abril de 2009.

95 “Imagine se soldados”: Garreau, p. 22.

95 “o que ele está fazendo é gastar”: Ibid., p. 19.

96 Quando perguntei ao dr. Nishimoto: Visita ao laboratório do dr. Gallant, na Universidade da Califórnia em Berkeley, em 11 de julho de 2012.

98 “Há questões éticas”: <http://vitals.nbcnews.com>

[words-from brain-waves-m ay -let-scientists-read-y our-m ind.](#)

4. TELECINESIA – A MENTE CONTROLANDO A MATÉRIA

102 **“Eu adoraria ter”** : *New York Times*, 17 de maio de 2012, p. A17, e

[\[health_care/t/paralyzed-woman-gets-robotic-arm.html\]\(http://www.nbcnews.com/id47447302/ns/health-health_care/t/paralyzed-woman-gets-robotic-arm.html\) .](http://www.nbcnews.com/id47447302/ns/health-</p></div><div data-bbox=)

102 **“Pegamos um pequeno sensor”** : Entrevista com dr. John Donoghue em novembro de 2009 para o programa de rádio *Science Fantastic*.

103 **Somente nos Estados Unidos, mais de 200 mil**: Centers for Disease Control and Prevention, Washington, D.C.

<http://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/scifacts.html> l.

104 **Quando o macaco queria mover o braço**:

<http://www.northwestern.edu/newscenter/stories/2012/04/miller-paralyzed-technology.html> l.

104 **“Estamos interceptando os sinais elétricos”** :

<http://www.northwestern.edu/newscenter/stories/2012/04/miller-paralyzed-technology.html> l.

105 **Mais de 1.300 combatentes retornaram**:

<http://www.darpa.mil/program/revolutionizing-prosthetics>. *60 Minutes* da CBS, edição de 30 de dezembro de 2012. *60 Minutes* da CBS, edição de 30 de dezembro de 2012.

105 **“Acharam que estávamos loucos”** : Ibid.

105 **Jan foi ao programa 60 Minutes**: Ibid.

106 **“Haverá um ecossistema inteiro”** : *Wall Street Journal*, 29 de maio de 2012.

106 **Mas talvez a maior novidade**: Entrevista com dr. Nicolelis em

abril de 2011

para o programa de rádio *Science Fantastic*.

107 FUSÃO INTELIGENTE DE MÃOS E MENTES: *New York Times*, 13 de

março de 2013, <http://huffingtonpost.com/2013/2/28/m-ind-m-elds-brain->

[com munication_n_2781609.htm](http://huffingtonpost.com/2013/2/28/m-ind-m-elds-brain-) l. Ver também *Huffington Post*, 28 de

fevereiro de 2013, [http://nytimes.com/2013/03/01/science/new-](http://nytimes.com/2013/03/01/science/new-research-suggests-two-rat-brains-can-be-linked.htm)

[research-suggests-two-rat-brains-can-be-linked.htm](http://nytimes.com/2013/03/01/science/new-research-suggests-two-rat-brains-can-be-linked.htm) l. Ver também *Huffington Post*, 28 de fevereiro de 2013, .

108 Em 2013, outro passo importante: *USA Today*, 8 de agosto de 2013, p. 1D.

112 Cerca de dez anos atrás: Entrevista com dr. Nicolelis em abril de 2011.

112 “para que não fique nada” : Para uma discussão com pleto sobre o

exoesqueleto, ver Nicolelis, pp. 303-7.

116 a Honda Corporation construiu: <http://www.asim.o.honda.com> . E também entrevista com os criadores do Asim o em abril de 2007 para a série de TV da BBC *Visions of the Future*. E também entrevista com os criadores do Asim o em abril de 2007 para a série de TV da BBC *Visions of the Future*.

117 Depois, domina-se a técnica de:

<http://discovermagazine.com/2007may/review-test-driving-the-future>.

117 Com o pensamento, o paciente: *Discover*, 9 de dezembro de 2011,

<http://discovermagazine.com/2011dec/09-m-ind-over-motor-controlling-robots-with-our-thoughts>.

117 “Provavelmente seremos capazes de operar” : Nicolelis, p.

122 Vi uma demonstração dessa tecnologia: Entrevista com cientistas no Carnegie Mellon em agosto de 2010 para a série *Sci Fi Science* do canal de TV Discovery /Science.

5. MEMÓRIAS E PENSAMENTOS FEITOS SOB MEDIDA

126 “As peças só se encaixaram” : Wade, p. 89.

128 Até o momento, os cientistas identificaram: Ibid., p. 91.

128 Por exemplo: o dr. Antonio Damasio: Damasio, pp. 130-53.

129 Um fragmento de memória pode vibrar: Wade, p. 232.

129 “Se não for feito” : [http://newscientist.com article/n3488](http://newscientist.com/article/n3488).

130 “Liga o botão” : http://www.eurekalert.org/pub_releases/2011-06/uosc-

[rm r061211.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2011-06/uosc-r061211.php).

130 “implantes que aumentem a competência” :

<http://hplusmagazine.com/200903/18/artificial-hippocampus>.

130 Com tanta coisa em jogo, não é de surpreender que:

<http://articles.washingtonpost.com/2013-07->

[12/national/40863765_1_brain-cells-memory-new-memory](http://articles.washingtonpost.com/2013-07-12/national/40863765_1_brain-cells-memory-new-memory).

134 Se codificar a memória: Isso levanta a questão de se pombo, corvo, pássaros migratórios, baleias *etc.* têm memória de longo prazo, dado que podem migrar centenas ou milhares de quilômetros em busca de

comida e de locais para terem seus filhotes. A ciência sabe muito pouco sobre isso, mas acredita-se que a memória de longo prazo desses

animais se baseia em localizar pontos de referência ao longo do

caminho, e não na memória de um acontecimento passado. Ou seja,

eles não utilizam a memória de algo que aconteceu para simular o

futuro, sua memória de longo prazo consiste numa série de memórias.

Parece que apenas os humanos são capazes de usar a memória de longo prazo para simular o futuro.

134 **“o objetivo da memória”** : Michael Lemonick, “Your Brain: A User’s Guide”, *Time*, dezembro de 2011, p. 78.

135 **“Pode-se pensar nisso como”** : [http://www.sciencedaily.com /videos/20070710-](http://www.sciencedaily.com/videos/20070710-brain_scans_of_the_future.htm)

[brain_scans_of_the_future.htm](http://www.sciencedaily.com /videos/20070710-brain_scans_of_the_future.htm).

135 seu estudo prova uma “resposta possível” :

[http://www.sciencedaily.com /videos/20070710-](http://www.sciencedaily.com /videos/20070710-brain_scans_of_the_future.htm)

136 **“A ideia é que o equipamento”** : *New York Times*, 12 de setembro de 2012, p.

A18.

136 **“Provavelmente levaremos várias décadas”** :

[http://www.tgdaily.com general-sciences/features/58736-artificial-cerebellum -restores-rats-brain-function](http://www.tgdaily.com/general-sciences/features/58736-artificial-cerebellum-restores-rats-brain-function).

137 **Atualmente 5,3 milhões de norte-americanos:** Alzheimer’s Foundation of America, <http://www.alzfdn.org>.

139 **“Isso reforça a noção”** : ScienceDaily.com , outubro de 2009, <http://www.sciencedaily.com /releases/200910/091019122647.htm> .

139 **“Nunca conseguiremos torná-lo um matemático”** : Ibid.

140 **“Isso indica que essas moscas”** : Wade, p. 113.

140 **Tal resultado não se restringe:** Ibid.

140 **“Podemos dar uma razão biológica”:** Ibid., p. 114.

142 **quanto mais as proteínas CREB:** Bloom , p. 244.

144 **“O propranolol se instala na célula nervosa”** : SATI e-News, 28 de junho de 2007, <http://www.m y sati.com enewsj une2007/ptsd.htm> .

144 **Um relatório concluiu que:** Boley n-Fitzgerald, p. 104.

145 **“Por mais que nossos rompimentos”** : Ibid.

145 **“deve privá-lo de morfina”** : Ibid., p. 105.

145 **“Se outros trabalhos confirmarem”** : Ibid., p. 106.

149 **“Cada uma dessas gravações perenes”** : Nicolelis, p. 318.

149 **“O esquecimento é o processo natural”** : *New Scientist*, 12 de março de 2003,

<http://www.newscientist.com articledn3488>.

6. O CÉREBRO DE EINSTEIN E A EXPANSÃO DE NOSSA INTELIGÊNCIA 152 **“se deixado levar pelo momento”** :

[http://abcnews.go.com blogsheadlines/2012/03/einsteins-brain-arrives-](http://abcnews.go.com blogsheadlines/2012/03/einsteins-brain-arrives-in-london-after-odd-journey)

[in-london-after-odd-journey](http://abcnews.go.com blogsheadlines/2012/03/einsteins-brain-arrives-in-london-after-odd-journey) .

154 **“Sempre afirmei que”** : Gould, p. 109.

155 **“O cérebro humano continua tendo ‘plasticidade’”** :

www.sciencedaily.com /releases201112/111208257120.htm .

156 **“O quadro extraído desses estudos”** : Gladwell, p. 40.

157 **Cinco anos depois, Terman deu início:** Ver C. K. Holahan e R. R. Sears, *The Gifted Group in Later Maturity* (Stanford, CA : Stanford University Press, 1995).

158 **“as notas na escola”** : Boley n-Fitzgerald, p. 48.

159 **“os testes não medem motivação”** : Sweeney, p. 26.

159 **Os pilotos com maior pontuação:** Bloom , p. 12.

159 **“O hemisfério esquerdo é responsável”** : Ibid., p. 15.

163 **O dr. Darold Treffert, de Wisconsin:** <http://>

163 **Em 45 segundos, ele respondeu:** Tam m et, p. 4.

164 **Tive o prazer de entrevistar:** Entrevista com Daniel Tam m et em outubro de 2007 para o program a de rádio *Science Fantastic*.

165 “Nosso estudo confirma” : *Science Daily*, m arco de 2012,

<http://www.sciencedaily.com/releases/2012/03/120322100313.htm> .

165 **O cérebro de Kim Peek:** Matéria da Associated Press, 8 de novem bro de 2004, <http://www.space.com> .

166 **Em 1998, dr. Bruce Miller:** *Neurology* 51 (outubro de 1998): pp. 978-82. Ver

[tam bém http://www.wisconsinmedicalsociety.org/professional/savant-](http://www.wisconsinmedicalsociety.org/professional/savant-tam)

[sy ndrom e/resources/articles/the acquired-savant.](http://www.wisconsinmedicalsociety.org/professional/savant-syndrome/resources/articles/the-acquired-savant)

167 **Além dos savants:** Sweeney, p. 252.

167 **essa ideia já foi testada:** Center of the Mind, Sydney, Austrália,

<http://www.centreforthemind.com> .

168 **Em outro experimento, o dr. R. L. Young:** R. L. Young, M. C. Ridding e T. L.

Morrell, “Switching Skills on by Turning Off Part of the Brain”,

Neurocase 10 (2004): 215, 222.

168 “Q uando aplicada aos lobos pré-frontais” : Sweeney, p. 311.

169 Até recentemente, pensava-se: *Science Daily*, maio de 2012,

<http://www.sciencedaily.com/releases/2012/05/120509180113.htm> .

170 “Os savants têm uma alta capacidade” : Ibid.

172 **Em 2007, houve um grande avanço:** Sweeney, p. 294.

172 “As pesquisas de células-tronco” : Sweeney, p. 295.

172 **Os cientistas se concentraram em alguns genes:** Katherine S.

Pollard, “What Makes Us Different”, *Scientific American Special Collectors Edition* (inverno de 2013): 31-35.

173 “**Agarrei a oportunidade de participar**” : Ibid.

174 “**Com meu mentor David Haussler**” : Ibid.

177 **Um gene desses foi descoberto**: *TG Daily*, 15 de novembro de 2012.

<http://www.tgdaily.com/general-sciences-features67503-new-found-gene-separates-man-from-apes>.

179 **Muitas teorias, remontando a Charles Darwin**: Ver, por exemplo, Gazzaniga, *Human: The Science Behind What Makes Us Unique*.

181 “**Nas primeiras centenas de milhões de anos**” : Gilbert, p. 15.

183 “**Os neurônios da massa cinzenta cortical**” : Douglas Fox, “The Limits of Intelligence”, *Scientific American*, julho de 2011, p. 43.

183 “**mãe de todas as limitações**” : Ibid., p. 42.

7. EM SEUS SONHOS

193 **E complementou o registro**: C. Hall e R. Van de Castle, *The Content Analysis of Dreams*, Nova York: Appleton-Century-Crofts, 1966.

196 **Quando o entrevistei, dr. Hobson**: Entrevista com dr. Allan Hobson em julho de 2012 para o programa de rádio *Science Fantastic*.

197 **Estudos mostram que é possível**: Wade, p. 229.

198 **Yukiyasu Kamitani, cientista chefe do ATR**: *New Scientist*, 12 de dezembro

de 2008, <http://www.newscientist.com/article/dn16267-mindreading-software-could-record-your-dreams.html>.

198 **Quando visitei seu laboratório**: Visita ao laboratório do dr. Gallant em 11 de julho de 2012.

200 “**Nossos sonhos, portanto, não são**” : *Science Daily*, 28 de outubro de 2011,

[http://www.sciencedaily.com /releases20111111028113626.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2011/11/11028113626.htm) .

201 **Protótipos de lentes de contato**: Ver o trabalho do dr. Babak Parviz,

<http://www.wearable-technologies.com /262>.

8. A MENTE PODE SER CONTROLADA?

203 **Um touro enfurecido adentra**: Miguel Nicolelis, *Beyond Boundaries*, Nova York: Henry Holt, 2011, pp. 228-32.

206 **A histeria da Guerra Fria**: “Project MKULTRA, the CIA’s Program of Research into Behavioral Modification. Joint Hearings Before the Select Committee on Human Resources, U.S. Senate, 95th Congress, First

Session”, Government Printing Office, 8 de agosto de 1977, Washington

D.C., http://www.nytimes.com/packagespdf/national/13inmate_ProjectMKULTRA.pdf

“CIA Diz Ter Encontrado Mais Documentos Secretos sobre Controle

Comportamental”, *New York Times*, 3 de setembro de 1977; “Registros Governamentais de Controle da Mente da MKUltra e

Bluebird/Artichoke”, <http://wanttoknow.info/mindcontrol.shtml>;

“Comissão para Estudo de Operações Governamentais sobre

Atividades da Inteligência Militar e no Exterior”. Relatório do Comitê dos Representantes de Igrejas n. 94-755, 94º Congresso, 2ª Sessão, p.

392, Government Printing Office, Washington, D.C., 1976; “Project

MKULTRA, the CIA’s Program of Research in Behavioral

Modification”, <http://scribd.com/doc75512716/Project-MKUltra-The-CIA-s-Program-of-Research-in-Behavioral-Modification>.

207 “grande potencial de desenvolvimento” : Rose, p. 292.

207 “impossibilidade neurocientífica” : Ibid., p. 293.

209 **“É provavelmente significativo que”** : “Hy pnosis and Intelligence,” Black Vault Freedom of Information Act Archive, 2008,

<http://documents.theblackvault.com/documents/indcontrol/hypnosisinintelligence.pdf> 210 **Para avaliar a extensão desse problema:** Boley n-Fitzgerald, p. 57.

211 **Drogas como o LSD:** Sweeney, p. 200.

212 **“É a primeira vez que vemos”** : Boley n-Fitzgerald, p. 58.

213 **“Se quisermos desligar”** :

<http://www.nytimes.com/2011/05/17/science/17optics.html>.

214 **“Ao enviar informação dos sensores”** : *New York Times*, 17 de março de 2011, <http://nytimes.com/2011/05/17/science/17optics.html>.

9. ESTADOS ALTERADOS DE CONSCIÊNCIA

218 **“Uma parte dos profetas”** : Eaglem an, p. 207.

219 **“Às vezes é um Deus próprio”** : Boley n-Fitzgerald, p. 122.

219 **“Finalmente entendi tudo mesmo”** : Ram achandran, p. 280.

219 **“Durante os três minutos de estimulação”** : David Biello, *Scientific American*, p. 41, .

220 **Para testar essas ideias:** Ibid., p. 42.

221 **“Embora os ateus possam argumentar”** : Ibid., p. 45.

221 **“Se um ateu”** : Ibid., p. 44.

222 **Uma teoria sustenta que a doença de Parkinson:** Sweeney, p. 166.

223 **“Os neurônios conectados à sensação”** : Ibid., p. 90.

225 **“o cérebro vai continuar fazendo o que faz”** : Ibid., p. 165.

226 **“As varreduras cerebrais levaram pesquisadores”** : Ibid., p. 208.

226 **“Se ficar sem vigilância”** : Ram achandran, p. 267.

227 A subatividade nessa área: Carter, pp. 100-103.

230 Dez por cento delas sofrem: Baker, pp. 46-53.

230 “A Depressão 1.0 podia ser tratada com psicoterapia” : Ibid., p. 3.

232 De 1% a 3% dos pacientes tratados com ECP: Carter, p. 98.

233 “as descobertas sobre os canais de cálcio” : *New York Times*, 26 de fevereiro

de 2013, <http://www.nytimes.com/2013/03/01/health/study-finds-genetic-risk-factors-shared-by-5-psychiatric-disorders.html>.

233 “O que identificamos aqui” : Ibid.

10. A MENTE ARTIFICIAL E A CONSCIÊNCIA DE SILÍCIO

239 “as máquinas serão capazes” : Crevier, p. 109.

239 “dentro de uma geração... a dificuldade” : Ibid.

239 “É como se um grupo de pessoas” : Kaku, p. 79.

240 “Eu pagaria um dinheirão por um robô” : Brockman, p. 2.

241 Entretanto, numa reunião particular: Entrevista com os criadores do Asimov

durante uma visita ao laboratório da Honda em Nagoya, Japão, em abril de 2007 para a série da BBC-TV *Visions of the Future*.

243 maravilhado ao ver que um mosquito: Entrevista com o dr. Rodney Brooks

em abril de 2002 para o programa de rádio em rede nacional *Exploration*.

249 Tive o prazer de visitar: Visita ao MIT Media Laboratory para a série *Sci Fi*

Science do canal de TV Discovery /Science em 13 de abril de 2010.

251 “Foi por isso que em 2004 Breazeal decidiu”: Moss, p. 168.

251 Na **Waseda University**: Gazzaniga, p. 352.

251 O **objetivo é integrar**: Ibid., p. 252.

251 Vou **lhes apresentar o Nao**: *Guardian*, 9 de agosto de 2010,

<http://www.guardian.co.uk/technology/2010aug/09/nao-robot-develop->

[display -em otions.](#)

253 “**É difícil prever o futuro**” : <http://www.cosmosmagazine.com/newsreverse->

[engineering-brai.](#)

253 **Neurocientistas como o dr. Antonio Damasio**: Damasio, pp. 108-29.

262 “**Na matemática, não entendemos**” : Kurzweil, p. 248.

262 “**Não é possível haver um teste objetivo**” : Pinker, “The Riddle of Knowing

You’re Here”, *Your Brain: A User’s Guide*, inverno de 2011, p. 19.

263 Na **Universidade Meiji**: Gazzaniga, p. 352.

264 “**Até onde sabemos, é o primeiro sistema**” : Kurzweil.net, 24 de agosto de

2012, <http://www.kurzweilai.net/robot-learns-self-awareness>. Ver

tam bém *Yale Daily News*, 25 de setembro de 2012,

[http://yaledailynews.com/blog/2012/09/25/first-self-aware-robot-](http://yaledailynews.com/blog/2012/09/25/first-self-aware-robot-created)

[created](#). Ver tam bém *Yale Daily News*, 25 de setembro de 2012,

[http://yaledailynews.com/blog/2012/09/25/first-self-aware-robot-](http://yaledailynews.com/blog/2012/09/25/first-self-aware-robot-created)

[created](#).

268 **Quando entrevistei o dr. Hans Moravec**: Entrevista com dr. Hans Moravec em novembro de 1998 para o programa de rádio *Exploration*.

268 “**Livres do lento caminhar**” : Sweeney, p. 316.

270 **Quando entrevistei o dr. Rodney Brooks:** Entrevista com dr. Rodney Brooks em abril de 2002 para o programa de rádio *Exploration*.

270 “Não gostamos de abrir mão” : TEDTalks,

http://www.ted.com/talkslang/en/rodney_brookson_robots.html.

271 Na Universidade do Sul da Califórnia: <http://physics.org/news205059692.html>.

11. A ENGENHARIA REVERSA DO CÉREBRO

273 **Quase simultaneamente, a Comissão Europeia:** [http://actu.epfl.ch/news/the-](http://actu.epfl.ch/news/the-human-brain-project-wins-top-european-science)

[hum an-brain-project-wins-top-european-science.](http://actu.epfl.ch/news/the-human-brain-project-wins-top-european-science)

279 “é essencial entender o cérebro humano” :

http://ted.com/talkshenrymarkramsupercomputing_the_brains_secrets.html 279 “Não há uma única doença neurológica” : Kushner, p. 19.

281 “estamos longe de brincar de Deus” : Ibid., p. 2.

283 “Daqui a cem anos” : Sally Adey, “Reverse Engineering the Brain”, *IEEE*

Spectrum, <http://spectrum.ieee.org/biomedical/ethics/reverse-engineering-the-brain>.

284 “Os pesquisadores acreditam” :

http://www.ted.com/talkslang/en/sebastian_seung.html.

284 “No século XVII” : http://www.ted.com/talkslang/en/sebastian_seung.html.

285 “O Atlas Allen do Cérebro Humano oferece” : <http://human.brain-map.org>.

287 Segundo o dr. V. S. Ramachandran: TED Talks, janeiro de 2010,

<http://www.ted.com>.

12. O FUTURO: A MENTE ALÉM DA MATÉRIA

290 **5,8% afirmaram ter tido uma experiência fora do corpo:**

Nelson, p. 137.

291 **“Eu me vejo de cima”** : Ibid., p. 140.

292 **perda temporária de sangue:** *National Geographic News*, 8 de abril de 2010,

[http://news.nationalgeographic.com/news201004/100408-near-death-](http://news.nationalgeographic.com/news201004/100408-near-death-experiences-blood-carbon-dioxide)

[experiences-blood-carbon-dioxide](#); Nelson, p. 126.

293 **O dr. Thomas Lempert, neurologista:** Nelson, p. 126.

293 **A Força Aérea dos Estados Unidos, por exemplo:** Ibid., p. 128.

294 **Certa vez, fizemos uma apresentação:** Dubai, Em irados Árabes Unidos, novem bro de 2012. Entrevistado em fevereiro de 2003 para o

program a de rádio *Exploration*. Entrevistado em outubro de 2012 para o program a de rádio *Science Fantastic*.

294 **Em 2055, mil dólares:** Bloom , p. 191.

295 **Por exemplo: Bill G ates:** Sweeney, p. 298.

296 **“As pessoas que preveem um futuro muito utópico”** : Carter, p. 298.

296 **Ele me disse que o zoológico de San Diego:** Entrevista com o dr. Robert Lanza em setem bro de 2009 para o program a de rádio *Exploration*.

298 **“Devemos ridicularizar os pesquisadores”** : Sebastian Seung, TEDTalks,

http://www.ted.com/talkslang/en/sebastian_seung.htm l.

299 **Em 2008, a BBC exibiu:**

<http://www.bbc.co.uk/sn/tvradio/programmes/horizon/broadband/tx/isolation> 303 **será possível fazer a engenharia reversa:**

Entrevista com o dr. Moravec em novem bro de 1998 para o program a de rádio *Exploration*.

305 **Do outro lado estava Eric Drexler:** Ver série de cartas em *Chemical and Engineering News* de 2003 a 2004.

306 **“Não estou planejando morrer”** : Garreau, p. 128.

13. A MENTE COMO ENERGIA PURA

307 **“Buracos de minhoca, dimensões extras”** : Sir Martin Rees, *Our Final Hour*, Nova York: Perseus Books, 2003, p. 182.

14. A MENTE ALIENÍGENA

320 **Até o momento, mais de mil:** Kepler Web Page, <http://kepler.nasa.gov>.

320 **Em 2013, cientistas da Nasa anunciaram:** Ibid.

322 **como ele conseguia distinguir entre mensagens falsas:**
Entrevista com o dr.

Wertheim er em j unho de 1999 para o program a de rádio
Exploration.

322 **perguntei a ele sobre o “fator risadinha”** : Entrevista com dr.
Seth Shostak em maio de 2012 para o program a de rádio *Science
Fantastic*.

323 **declarou publicamente que:** Ibid.

323 **“Lembre-se de que é esse mesmo governo”** : Davies, p. 22.

326 **Os historiadores gregos:** Sagan, p. 221.

326 **São Tomás de Aquino dizia:** Ibid.

326 **inteligência pode nos enganar:** Ibid.

327 **“Se o fato de que as bestas não abstraem”** : Ibid., p. 113.

327 **“No mundo surdo e cego do carrapato”** : Eaglem an, p. 77.

334 **precisamos expandir nossos horizontes:** Entrevista com o dr.
Paul Davies em abril de 2012 para o program a de rádio *Science
Fantastic*.

334 **“Minha conclusão é espantosa”** : Davies, p. 159.

339 “Embora haja uma probabilidade mínima” : *Discovery News*, 27 de dezembro

de 2011, <http://news.discovery.com/spaceseti-to-scour-the-moon-for-alien-tech-111227.htm> .

15. OBSERVAÇÕES FINAIS

341 Num artigo publicado na revista **Wired**: *Wired*, abril de 2000, <http://www.wired.com/wiredarchive/8.04/joy.htm> l.

341 “várias espécies separadas e desiguais” : Garreau, p. 139.

342 “Essa utopia tecnológica apela” : Ibid., p. 180.

346 “A ideia de que estamos remexendo” : Ibid., p. 353.

346 “As tecnologias – como a pólvora” : Ibid., p. 182.

349 “Esse *you* que seus amigos conhecem” : Eagleman, p. 205.

349 “Nossa realidade depende” : Ibid., p. 208.

350 “Algo tão notável como” : Pinker, p. 132.

350 **criar um planeta gêmeo da Terra**: Entrevista com dr. Stephen Jay Gould em novembro de 1996 para o programa de rádio *Exploration*.

350 “*O Homo sapiens é um galinho*” : Pinker, p. 133.

351 “**nada dá mais sentido à vida**” : Pinker, “The Riddle of Knowing You’re Here”, *Time: Your Brain: A User’s Guide*. Inverno de 2011, p. 19.

351 “**Que assombrosa obra de arte**” : Eagleman, p. 224.

APÊNDICE

362 **muitos (mas não todos) assassinos patológicos**: Entrevista com o dr. Simon Baron-Cohen em julho de 2005 para o programa de rádio *Science Fantastic*.

363 O dr. Michael Sweeney conclui que “os resultados de Libet” : Sweeney, p.

LEITURA SUGERIDA

Baker, Sherry. "Helen May berg." *Discover Magazine Presents the Brain*.

Waukesha, WI: Kalm bach Publishing Co., outono 2012.

Bloom , Floy d. *Best of the Brain from Scientific American: Mind, Matter, and Tomorrow's Brain*. Nova York: Dana Press, 2007.

Boley n-Fitzgerald, Miriam . *Pictures of the Mind: What the New Neuroscience Tells Us About Who We Are*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson

Education, 2010.

Brockm an, John (org.). *The Mind: Leading Scientists Explore the Brain, Memory, Personality, and Happiness*. Nova York: Harper Perennial, 2011.

Calvin, William H. *A Brief History of the Mind*. Nova York: Oxford University Press, 2004.

Carter, Rita. *Mapping the Mind*. Berkeley : University of California Press, 2010.

Crevier, Daniel. *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*. Nova York: Basic Books, 1993.

Crick, Francis. *The Astonishing Hypothesis: The Science Search for the Soul*. Nova York: Touchstone, 1994.

Dam asio, Antonio. *E o cérebro criou o homem*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

Davies, Paul. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence*.

Nova York: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

Dennet, Daniel C. *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon*. Nova York: Viking, 2006.

_____. *Conscious Explained*. Nova York: Back Bay Books, 1991.

DeSalle, Rob e Ian Tattersall. *The Brain: Big Bangs, Behaviors, and*

Beliefs. New Haven, CT: Yale University Press, 2012.

Eaglem an, David. *Incognito: The Secret Lives of the Brain*. Nova York: Pantheon Books, 2011.

Fox, Douglas. "The Lim its of Intelligence." *Scientific American*, j ulho de 2011.

Garreau, Joel. *Radical Evolution: The Promise and Peril of Enhancing Our Minds, Our Bodies – and What It Means to Be Human*. Nova York: Random House, 2005.

Gazzaniga, Michael S. *Human: The Science Behind What Makes Us Unique*.

Nova York: HarperCollins, 2008.

Gilbert, Daniel. *Stumbling on Happiness*. Nova York: Alfred A. Knopf, 2006.

Gladwell, Malcolm . *Fora de série – Outliers*. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

Gould, Stephen Jay. *A falsa medida do homem*. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

Horstm an, Judith. *The Scientific American Brave New Brain*. San Francisco: John Wiley and Sons, 2010.

Kaku, Michio. *A física do futuro*. Rio de Janeiro: Rocco, 2012.

Kurzweil, Ray. *How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed*.

Nova York: Viking Books, 2012.

Kushner, David. "The Man Who Builds Brains." *Discover Magazine Presents the Brain*. Waukesha, WI: Kalm bach Publishing Co., Outono 2001.

Moravec, Hans. *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence*.

Cam bridge, MA: Harvard University Press, 1988.

Moss, Frank. *The Sorcerers and Their Apprentices: How the Digital Magicians of the MIT Media Lab Are Creating the Innovative Technologies*

That Will Transform Our Lives. Nova York: Crown Business, 2011.

Nelson, Kevin. *The Spiritual Doorway in the Brain*. Nova York: Dutton, 2011.

Nicolelis, Miguel. *Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains with Machines – and How It Will Change Our Lives*. Nova York: Henry Holt and Co., 2011.

Pinker, Steven. *Como a mente funciona*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

_____. *Do que é feito o pensamento: a língua como janela para a natureza humana*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

_____. “The Riddle of Knowing You’re Here.” In *Your Brain: A User’s Guide*.

Nova York: Time Inc. Specials, 2011.

Piore, Adam. “The Thought Helm et: The U.S. Army Wants to Train Soldiers to Communicate Just by Thinking.” *The Brain, Discover Magazine Special*, primavera 2012.

Purves, Dale et al. (org.). *Neuroscience*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2001.

Ramachandran, V. S. *The Tell-Tale Brain: A Neuroscientist’s Quest for What Makes Us Human*. Nova York: W. W. Norton, 2011.

Rose, Steven. *The Future of the Brain: The Promise and Perils of Tomorrow’s Neuroscience*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2005.

Sagan, Carl. *The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human*

Intelligence. Nova York: Ballantine Books, 1977.

Sweeney, Michael S. *Brain: The Complete Mind: How It Develops, How It Works, and How to Keep It Sharp*. Washington, D.C.: National Geographic, 2009.

Tammet, Daniel. *Born on a Blue Day: Inside the Extraordinary Mind of an Autistic Savant*. Nova York: Free Press, 2006.

Wade, Nicholas (org.). *The Science Times Book of the Brain*. Nova York: New York Times Books, 1998.

CRÉDITOS DAS ILUSTRAÇÕES

Página 34: Jeffrey L. Ward

Página 35: Jeffrey L. Ward

Página 37: Jeffrey L. Ward

Página 39: Jeffrey L. Ward

Página 43 (topo): Foto AP/David Duprey

Página 43 (abaixo): Tom Barrick, Chris Clark/Science Source

Página 46: Jeffrey L. Ward

Página 72: Jeffrey L. Ward

Página 73: Jeffrey L. Ward

Página 76: Jeffrey L. Ward

Página 113: Laboratório do dr. Miguel Nicolelis, Duke University

Página 127: Jeffrey L. Ward

Página 250 (topo): MIT Media Lab, Personal Robots Group

Página 250 (abaixo): MIT Media Lab, Personal Robots Group, Mikey Siegel

Título Original

THE FUTURE OF THE MIND

THE SCIENTIFIC QUEST TO UNDERSTAND, ENHANCE, AND
EMPOWER

THE MIND

Copyright © 2014 by Michio Kaku

Direitos desta edição reservados à

EDITORA ROCCO LTDA.

Av. Presidente Wilson, 231 – 8º andar

20030-021 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.: (21) 3525-2000 – Fax: (21) 3525-2001

rocco@rocco.com.br

www.rocco.com.br

Revisão técnica

VICTOR RIVELLES

Preparação de originais

VIVIAN MANNHEIMER

Coordenação Digital

LÚCIA REIS

Assistente de Produção Digital

JOANA DE CONTI

Revisão de arquivo ePub

ANDRÉ REIS

Edição Digital: julho, 2015

CIP-Brasil. Catalogação na Publicação.

Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

K19f

Kaku, Michio

O futuro da mente [recurso eletrônico] : a busca científica para entender, aprimorar e potencializar a mente / Michio Kaku ; tradução Angela Lobo. -

1. ed. - Rio de Janeiro : Rocco Digital, 2015.

recurso digital

Tradução de: The future of the mind: the scientific quest to understand, enhance, and empower the mind

ISBN 978-85-8122-592-0 (recurso eletrônico)

1. Neurociências. 2. Livros eletrônicos. I. Título.

15-23657 CDD: 612.8

CDU: 612.8

O texto deste livro obedece às normas do Acordo Ortográfico da Língua

Portuguesa.

O AUTOR

MICHIO KAKU é um dos físicos mais populares do momento. Ele é professor de física teórica da City University de Nova York e

cofundador da Teoria das Cordas. Kaku escreveu diversos livros de sucesso, incluindo *A física do futuro*, *Física do impossível*, *Hiperespaço* e *Mundos paralelos*, todos editados pela Rocco.

Este último virou uma série de TV apresentada pelo próprio autor e exibida no Brasil pelo Fantástico, da TV Globo.

Document Outline

- aqui
- AGRADECIMENTOS
- INTRODUÇÃO
- LIVRO I - A MENTE E A CONSCIÊNCIA
 - 1 | Desvendando a mente
 - 2 | Consciência – O ponto de vista de um físico
- LIVRO II - A MENTE ACIMA DA MATÉRIA
 - 3 | Telepatia – Um doce pelo que você está pensando
 - 4 | Telecinesia – A mente controlando a matéria
 - 5 | Memórias e pensamentos feitos sob medida
 - 6 | O cérebro de Einstein e a expansão de nossa inteligência
- LIVRO III - ALTERAÇÕES DE CONSCIÊNCIA
 - 7 | Em seus sonhos
 - 8 | A mente pode ser controlada?
 - 9 | Estados alterados de consciência
 - 10 | A mente artificial e a consciência de silício
 - 11 | A engenharia reversa do cérebro
 - 12 | O futuro: a mente além da matéria
 - 13 | A mente como energia pura
 - 14 | A mente alienígena
 - 15 | Observações finais
- APÊNDICE
- NOTAS
- LEITURA SUGERIDA
- CRÉDITOS DAS ILUSTRAÇÕES
- CRÉDITOS
- O AUTOR